



TESI DE MÀSTER

Màster

Ingeniería Ambiental

Títol

**ACV de bolsas de compra. Aplicación a Córcega.
Análisis del cambio de bolsas de un solo uso por
alternativas reutilizables**

Autor

Floriane Marie Lesia COLOMBANI

Tutor

ALFRANCA BURRIEL, Oscar; JOSA GARCIA-TORNEL, Alejandro

Intensificació

Data

01/07/2014

ACV de bolsas de compra. Aplicación a Córcega.

Análisis del cambio de bolsas de un solo uso por alternativas reutilizables

Este TFM ha sido desarrollado y escrito por una estudiante francesa dentro del programa de intercambio Erasmus, y aunque ha sido parcialmente corregido por compañeros hispanohablantes (no profesionales) puede contener errores ortográficos o terminológicos, en general menores.

Agradecimientos

A mis tutores, Alejandro Josa García-Tornel y Oscar Alfranca Burriel por guiarme durante la realización de esta tesis.

A la Universidad Politécnica de Cataluña, en particular a la Escuela de Ingeniería de caminos, canales y puertos donde siguió el segundo año del master.

A Centrale Nantes, mi escuela de ingeniería en Francia, que me ha permitido realizar este año de intercambio académico para dedicarme a ingeniería ambiental.

A todas las personas y entidades que me han apoyado en la elaboración de este documento: la empresa Lavola por ofrecerme la oportunidad de utilizar el software SimaPro y de formarme su uso; CODIM 2, Casino, Easydis, l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) y el Syvadec por facilitarme parte de los datos que me han permitido realizar este trabajo.

A mi familia y amigos por el apoyo que me han ofrecido a lo largo de mi formación académica.

Resumen

Las bolsas de plástico de un solo uso son un producto popular y conveniente, ampliamente utilizado para el transporte de artículos de compra de la tienda a su casa. Pero su consumo cada vez mayor y la observación de su acumulación en el medio ambiente, así como el uso ineficiente de los recursos, han inducido serias preocupaciones de la población y de los políticos. En Córcega (Francia), hace más de 10 años que se prohibió la distribución de bolsas de un solo uso en los supermercados de la isla y que se fomentó el uso de alternativas. El presente estudio se realiza para evaluar los beneficios o impactos de la prohibición de las bolsas de un solo uso y la sustitución por bolsas reutilizables. Para lograr este objetivo, se realiza un Análisis de ciclo de Vida de la bolsa de un solo uso en polietileno y de las bolsas reutilizables, de papel y de polipropileno tejido, para cuantificar el impacto de cada una de estas opciones y evaluar la influencia del número de utilizaciones en la determinación de la mejor alternativa a la bolsa de un solo uso. El estudio se desarrolla con datos obtenidos de las empresas y entidades que participan en la distribución o gestión de las bolsas en Córcega y el uso del programa SimaPro 8 y sus bases de datos. Los resultados indican que después de 8 utilizaciones, la bolsa reutilizable de polipropileno tejido es la alternativa menos impactante y que después de 20 usos, la bolsa de papel queda más impactante en términos de eutrofización del agua dulce y de ocupación de tierra agrícola. A partir de estos resultados, se deduce que en Córcega, cada año, la prohibición de las bolsas de un solo uso sustituidas por bolsas de polipropileno y bolsas de papel, ha permitido evitar una gran parte de los impactos en términos de cambio climático, toxicidad humana, ecotoxicidad marina y consumo de energía fósil pero el uso de bolsas de papel induce nuevos impactos sobre todo en cuanto a la eutrofización del agua dulce y al uso de tierra agrícola.

Summary

Single use plastic bags a popular and convenient product widely used for transporting goods from store to home. But its increasing consumption, the observation of its accumulation in the environment, and the inefficient use of resources, have led to serious concerns from the public and politicians. In Corsica (France), the distribution of single-use bags in supermarkets on the island was prohibited more than 10 years ago and, since then, the use of alternatives is encouraged. The present study was performed to evaluate the benefits and impacts of the ban of single-use bags and their substitution by reusable bags. To achieve this goal, a life cycle analysis of polyethylene single-use bag and reusable bags, in paper and in woven polypropylene, is led to quantify the impact of each of these options and evaluate the influence of the number of uses in the determination of the best alternative to single-use bag. The study was developed with data from companies and organizations involved in the distribution or

management of the bags in Corsica and performed with the use of SimaPro 8 software and its databases. The results indicate that, after 8 uses, reusable woven polypropylene bag is the least impactful alternative and that after 20 uses, the paper bag is still more impacting in terms of freshwater eutrophication and agricultural land occupation. From these results, we can deduce that, in Corsica, each year since the ban of single-use bags replaced by reusable plastic and paper bags, much of the impacts in terms of climate change, human toxicity, marine ecotoxicity and fossil energy consumption were avoided but the use of paper bags induce new impacts especially regarding freshwater eutrophication and agricultural land use.

Résumé

Le sac jetable en plastique est un produit populaire et pratique largement utilisé pour le transport des courses du magasin au domicile. Cependant, l'augmentation de sa consommation, l'observation de son accumulation dans l'environnement et l'utilisation inefficace des ressources, ont suscité de grandes préoccupations de la part du public et des politiciens. En Corse (France), cela fait plus de 10 ans que la distribution de sacs jetables dans les supermarchés de l'île a été interdite et que l'utilisation d'alternatives est encouragée. La présente étude a été réalisée afin d'évaluer les avantages et les répercussions de l'interdiction des sacs jetables et de leur substitution par des sacs réutilisables. Pour atteindre cet objectif, une analyse du cycle de vie du sac jetable en polyéthylène et des sacs réutilisables, en papier et polypropylène tissé, est réalisée afin de quantifier l'impact de chacune de ces options et d'évaluer l'influence du nombre d'utilisations dans la détermination de la meilleure alternative au sac jetable. L'étude a été menée à partir des données des entreprises et des organisations impliquées dans la distribution ou la gestion des sacs en Corse et réalisée en utilisant le programme SimaPro 8 et de ses bases de données. Les résultats indiquent qu'après 8 utilisations, le sac tissé réutilisable en polypropylène est la solution la moins impactante et qu'après 20 utilisations le sac en papier est toujours plus impactant en termes d'eutrophisation de l'eau douce et de l'occupation des terres agricoles. De ces résultats, il se déduit qu'en Corse, chaque année depuis l'interdiction de sacs jetables et leur remplacement par les sacs réutilisables en plastique et en papier, une grande partie des impacts en termes de changement climatique, de toxicité humaine, d'écotoxicité marine et de consommation d'énergie fossile est évitée mais l'utilisation de sacs en papier induit de nouveaux impacts en particulier en ce qui concerne l'eutrophisation de l'eau douce et l'utilisation de terres agricoles.

Índice

Agradecimientos.....	4
Resumen.....	5
Índice de las Tablas.....	9
Índice de las figuras.....	10
1. Introducción.....	11
1.1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	11
1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO	13
1.2.1. Objetivos generales.....	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
2. Antecedentes.....	14
2.1. GESTIÓN DE LAS BOLSAS EN EL MUNDO	14
2.1.1. Algunas iniciativas	14
2.1.2. En Francia: la iniciativa de Córcega	16
2.2. EL MÉTODO DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.....	20
2.2.1. Descripción del método	20
2.2.2. Desarrollo de un ACV.....	21
2.2.3. Las herramientas y datos disponibles	22
2.2.4. Literatura científica y estudios previos sobre el tema de las bolsas de compra.....	24
3. Material y métodos	29
3.1. APLICACIÓN DE LOS ACV A LAS BOLSAS DE COMPRA.....	29
3.1.1. Definición del objetivo y ámbito del estudio	29
3.1.2. Inventario	32
3.1.2.1. Datos y fuentes.....	32
3.1.2.2. Ciclo de vida de las bolsas	39
3.2. USO DEL SOFTWARE SIMAPRO.....	44
3.2.1. Modelización de las bolsas	44
3.2.1.1. Materias primas.....	44
3.2.1.2. Procesos de fabricación e impresión.....	46
3.2.1.3. Transporte	48
3.2.1.4. Fin de vida.....	49
3.2.2. Elección del método de análisis de impacto	49

4. Resultados	52
4.1. IMPACTO DE CADA BOLSA	52
4.1.1. Bolsa de un solo uso en polietileno	52
4.1.2. Bolsa reutilizable en papel	55
4.1.3. Bolsa reutilizable de polipropileno	57
4.1.4. Conclusiones	60
4.2. COMPARACIÓN DE LAS BOLSAS Y NÚMERO DE USO	60
4.2.1. Cambio climático	63
4.2.2. Eutrofización del agua dulce	63
4.2.3. Toxicidad humana	64
4.2.4. Ecotoxicidad marina	65
4.2.5. Ocupación de la tierra agrícola	65
4.2.6. Agotamiento fósil	66
4.2.7. Resumen y conclusiones de la comparación	67
4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PROHIBICIÓN DE LAS BOLSAS DE UN SOLO USO EN CÓRCEGA	68
5. Discusión	71
5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA HIPÓTESIS DE SEGUNDO USO	71
5.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA TASA DE RECICLAJE DEL PAPEL	73
5.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA CANTIDAD DE PIGMENTO	73
5.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL MÉTODO DE EVALUACIÓN	75
5.5. COMPARACIÓN CON LOS ESTUDIOS PREVIOS SOBRE EL TEMA	77
6. Conclusiones y líneas futuras de investigación	78
Referencias	80

Índice de las Tablas

Tabla 1. Ejemplos de políticas de gestión de las bolsas en el mundo	15
Tabla 2. Características de las alternativas a la bolsa de un solo uso	18
Tabla 3. Características de las bolsas de un solo uso (ECOBILAN, 2004)	32
Tabla 4. Energía primaria en Malaysia en 2011 (EIA, 2013)	32
Tabla 5. Características de las bolsas de papel	33
Tabla 6. Composición de la tinta y el pegamento de las bolsas de un solo uso (ECOBILAN, 2004)	34
Tabla 7. Características de las bolsas de polipropileno	35
Tabla 8. Composición de la tinta y el pegamento de las bolsas de polipropileno (ECOBILAN, 2004)...	35
Tabla 9. Distancia en barco entre países de Asia y Francia (SeaRates.com)	36
Tabla 10. Energía primaria en China, Vietnam y Malaysia (EIA, 2013 y 2014)	37
Tabla 11. Datos para el cálculo de distancias de transporte hasta las tiendas	37
Tabla 12. Resumen de las distancias consideradas para el transporte hasta las tiendas	38
Tabla 13. Fin de vida de las diferentes bolsas	39
Tabla 14 : Modelización de las bolsas	44
Tabla 15. Modelización de las tintas	45
Tabla 16. Composición y modelización del pegamento Hot Melt.....	46
Tabla 17. Paletización de las bolsas para el transporte	48
Tabla 18. Modelización de los tratamientos de fin de vida	49
Tabla 19. Categorías de impacto - Método Recipe Midpoint (Pré, 2013)	50
Tabla 20. Numero de bolsas necesarias para cumplir la unidad funcional según el número de utilizaciones.....	61
Tabla 21. Número mínimo de utilizaciones de las bolsas de papel y de polipropileno necesario para tener un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso en función de los indicadores.....	67
Tabla 22. Ratio entre el impacto de la bolsa de papel y la bolsa de un solo uso en función del número de utilizaciones.....	67
Tabla 23. Ratio entre el impacto de la bolsa de polipropileno y la bolsa de un solo uso en función del número de utilizaciones	68
Tabla 24. Impacto de las cantidades de bolsas consumidas por año.....	69
Tabla 25. Impacto evitado por categoría de impacto gracias a la sustitución de las bolsas de solo uso por las alternativas reutilizables.....	69
Tabla 26. Escenarios de fin de vida de las diferentes bolsas.....	71
Tabla 27. Sensibilidad de los resultados al porcentaje de segundo uso	72
Tabla 28. Sensibilidad de los resultados a la tasa de reciclaje del papel	73
Tabla 29. Variación de las cantidades de pigmento.....	74
Tabla 30. Sensibilidad de los resultados a la cantidad de pigmento para la bolsa de un solo uso	75
Tabla 31. Sensibilidad de los resultados a la cantidad de pigmento para la bolsa de polipropileno....	75
Tabla 32. Número mínimo de utilizaciones de las bolsas de papel y de polipropileno necesario para tener un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso en función de los indicadores.....	76

Índice de las Figuras

Figura 1. Esquema general del ciclo de vida de un producto (Rebitzer et al., 2004).	20
Figura 2. Metodología de desarrollo de un ACV y aplicaciones posibles (Rebitzer et al., 2004).	21
Figura 3. Itinerario de las bolsas de un solo uso entre el puerto de Le Havre hasta el lugar de almacenamiento	33
Figura 4. Itinerario de las bolsas de papel del lugar de producción hasta el lugar de almacenamiento	34
Figura 5. Itinerario de las bolsas de polipropileno entre el puerto de Le Havre y el lugar de almacenamiento (Mappy)	36
Figura 6. Cálculo de la distancia entre el puerto de Kelang (Malaysia) y el puerto de Le Havre (Francia). (SeaRates).....	36
Figura 7. Relación entre los resultados del inventario, los indicadores Mid-Point y End-Point (Goedkoop, M., et al, 2009)	50
Figura 8. Resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de un solo uso (Caracterización).....	52
Figura 9. Resultados normalizados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de un solo uso	53
Figura 10. Resultados normalizados del análisis de impacto de los componentes de la bolsa de un solo uso	54
Figura 11. Resultados normalizados del análisis de impacto de la bolsa de polietileno (Fabricación y materias primas).....	54
Figura 12. Resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de papel (Caracterización)	55
Figura 13. Resultados normalizados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de papel	56
Figura 14. Resultados normalizados del análisis de impacto de la bolsa de papel	56
Figura 15. Resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa reutilizable de polipropileno (Caracterización).....	57
Figura 16. Resultados normalizados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa reutilizable de polipropileno	58
Figura 17. Resultados normalizados del análisis de impacto de los componentes de la bolsa reutilizable de polipropileno	59
Figura 18. Resultados normalizados del análisis de impacto de la bolsa de polipropileno (Fabricación y materias primas).....	59
Figura 19. Comparación del impacto de las bolsas sin reutilización	62
Figura 20. Comparación del impacto de las bolsas con 10 reutilizaciones	62
Figura 21. Evolución del indicador Cambio climático en función del número de utilizaciones	63
Figura 22. Evolución del indicador Eutrofización del agua dulce en función del número de utilizaciones	64
Figura 23. Evolución del indicador Toxicidad humana en función del número de utilizaciones	64
Figura 24. Evolución del indicador Ecotoxicidad marina en función del número de utilizaciones	65
Figura 25. Evolución del indicador Ocupación de tierra agrícola en función del número de utilizaciones	66
Figura 26. Evolución del indicador Agotamiento fósil en función del número de utilizaciones	66

1. Introducción

1.1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Las bolsas de plástico son un producto popular y conveniente ampliamente utilizado para el transporte de artículos de compra de la tienda a su casa. Pero su consumo cada vez mayor y la observación de su acumulación en el medio ambiente, así como el uso ineficiente de los recursos, han inducido serias preocupaciones de la población y de los políticos en el mundo. La producción de bolsas de plástico en el mundo ha alcanzado entre 500 y 1000 millones de unidades en la década de 2000. Por ejemplo, en 2010 había 98.6 millones de bolsas de plástico (1,61 Mt) colocadas en el mercado de la UE, según la Comisión Europea. Se estima que la gran mayoría de estas bolsas (89%) son de un solo uso.

Estas bolsas distribuidas por los supermercados son muy ligeras y por eso pesan relativamente poco en la producción mundial de plástico, pero se escapan fácilmente de los circuitos de recogida de residuos y se acumulan en los hábitats naturales, sobre todo en el medio marino. En efecto, Las mismas propiedades que han hecho de las bolsas de plástico un éxito comercial - bajo peso y resistencia a la degradación - también han contribuido a su proliferación en el medio ambiente. Una vez descartadas en el ambiente, las bolsas de plástico duran cientos de años, aunque la mayor parte está en forma fragmentada, lo que los hace difíciles de rastrear. Debido a que duran mucho tiempo, el número acumulado de las bolsas de plástico aumenta con los años. Muchos de los impactos de tirar el plástico son de carácter transfronterizo y global, especialmente en los cursos de agua y el medio marino porque los residuos procedentes de regiones en el interior del continente también pueden llegar al mar a lo largo de los grandes ríos europeos. En el medio marino bolsas de plástico pueden ser especialmente perjudiciales: los animales mueren por ingestión de bolsas confundidas con alimentos y una vez que las bolsas de plástico empiezan degradarse, que se rompen en pedazos pequeños y terminan como micro-partículas, contaminan el suelo, el agua y el fondo del mar, amenazando el funcionamiento de los ecosistemas. Los organismos vivos ingieren partículas de plástico y transmiten las sustancias tóxicas a través de la cadena alimentaria y su concentración aumenta a lo largo del camino. Por otra parte, la fabricación y el uso de bolsas de plástico contribuyen al agotamiento de los recursos naturales y el aumento de los residuos.

Por lo tanto, además de los impactos en el medio ambiente, tirar bolsas de plástico también tiene costos económicos y sociales en términos de pérdida del turismo y de necesidad de limpieza. Este problema afecta a la totalidad de las poblaciones. Los consumidores sufren de la degradación del medioambiente, de la contaminación visual, corren los costes de recogida, de tratamiento y

saneamiento de los residuos de las bolsas de plástico. Los poderes públicos se ven afectados por el aumento de los costes y la carga administrativa asociada con el consumo de bolsa de plástico, en cuanto a los gastos de limpieza, así como la aplicación de medidas de prevención dirigidas a reducir este consumo. La industria del turismo y los negocios locales soportan las consecuencias de la contaminación de paisaje. La contaminación del mar induce pérdidas en las poblaciones pesqueras, lo que se traduce en una pérdida de dinero para la industria de la pesca.

Para solucionar estos problemas relacionados con las bolsas de plástico de un solo uso, muchos países han legislado su uso y fomentado el uso de alternativas como las bolsas de plástico reutilizables, las bolsas de papel, las bolsas biodegradables etc. Para asegurarse de que la sustitución de las bolsas de plástico de un solo uso por estas alternativas puede disminuir el impacto de las bolsas de compra, es necesario evaluar los impactos ambientales de cada opción. El método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite lograr este objetivo. El ACV es una herramienta de gestión que sirve para evaluar el comportamiento ambiental de un producto a lo largo de todo su ciclo de vida. Esta herramienta permite comparar dos productos o determinar que parte de un proceso se puede mejorar para disminuir el impacto ambiental del producto. La aplicación de este método permite cuantificar los impactos de cada bolsa para determinar la alternativa menos impactante.

En Francia, Córcega ha sido la primera región a prohibir las bolsas de un solo uso y a fomentar el uso de alternativas. Las bolsas de plástico de un solo uso han desaparecido de los supermercados de la gran distribución y se han reemplazado por bolsas reutilizables de plástico y de papel. 10 años después de la prohibición en la isla, se puede hacer el balance de los impactos para valorar los beneficios ambientales eventuales de la sustitución de las bolsas de un solo uso por bolsas reutilizables y por lo tanto determinar si esta legislación fue un éxito.

En el presente trabajo, se plantea primero el problema de la gestión de las bolsas de un solo uso en el mundo y los métodos de valoración de los impactos empleados para definir la mejor alternativa. Luego, se desarrolla un análisis del ciclo de vida, con los datos específicos de Córcega, de las bolsas de plástico utilizadas en 2003 y de las diferentes bolsas de sustitución utilizadas desde hace 10 años. Se realiza una comparación entre ellas estudiando la influencia del número de utilizaciones de las bolsas en los resultados. Finalmente, se valora los beneficios y consecuencias negativas del cambio.

1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.2.1. Objetivos generales

Evaluar los impactos de las bolsas de compra y analizar el cambio de bolsas de un solo uso por alternativas reutilizables en Córcega.

1.2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar los impactos ambientales de las diferentes opciones de bolsa utilizadas en Córcega;
- Determinar el valor mínimo de reutilización a partir del cual es beneficioso utilizar bolsas reutilizables y no bolsas de solo uso;
- Cuantificar los impactos ambientales inducidos o evitados en función del número de reutilización de cada opción;
- Evaluar los beneficios o impactos de la prohibición de las bolsas de un solo uso y la sustitución por bolsas reutilizables de plástico y de papel en Córcega.

2. Antecedentes

2.1. GESTIÓN DE LAS BOLSAS EN EL MUNDO

2.1.1. Algunas iniciativas

Frente al problema creciente de las bolsas de un solo uso, se desarrolló varias políticas de gestión para intentar solucionarlo.

En Europa, en 2010, el mercado constaba 98 600 millones de bolsas de plástico, la mayoría bolsas ligeras, lo que corresponde con 198 bolsas de plástico por habitante y por año (Comisión Europea, 2013). Sin embargo, existen grandes diferencias entre los Estados porque cada uno ha establecido, o no, políticas de gestión de estas bolsas. Por eso, en noviembre de 2013, la Comisión Europea adoptó una propuesta para obliga a los Estados miembros a reducir la utilización de bolsas de plástico ligeras de un grosor inferior a 50 micrómetros (Comisión Europea, 2013).

Como en Europa, en el resto del mundo, algunos países han tomado medidas contra las bolsas de plástico. Los países que han optado por eliminar las bolsas de un solo uso tienen una economía basada en el turismo o sufren una contaminación visual importante debida a estas bolsas. La Tabla 1 resume unos ejemplos de iniciativas en distintos países y los resultados de las políticas aplicadas.

País (Fuente)	Iniciativa / Política de gestión	Resultados
Dinamarca (European Commission, 2013)	Dinamarca ha sido pionera en la introducción de un impuesto en 1993 sobre las bolsas de plástico y papel de más de 5L con el objetivo de disminuir los residuos. El precio dependía del material y del peso. Esta medida toca a las empresas y el coste se puede introducir en el coste de los productos. Por lo tanto, el objetivo no era el cambio de comportamiento de los consumidores.	El uso de plástico para producir bolsas se redujo de 18 750 toneladas en 1993 a 8 950 toneladas en 2009. Se fomenta el uso de las bolsas reutilizables y por eso el uso bolsas de plástico ha disminuido en dos tercios.
Bangladesh (IRIN, 2011)	Las bolsas de plástico se prohibieron en 2002. El motivo era que todas las bolsas que se tiran en la calle habían agravado las inundaciones mortales de 1989 y 1998 por perturbación y obstrucción del sistema de drenaje del agua en las ciudades.	Las bolsas de plástico siguen causar un gran problema para el sistema de alcantarillado. El fracaso resulta en la falta de aplicación de la prohibición de bolsas de plástico y la ausencia de alternativas baratas.
Taiwán	Taiwán estableció una política de gestión en 2002 con la prohibición de bolsas de plástico con un espesor	El uso de bolsa de plástico se redujo en 80% en el primer año.

(EPD Hong Kong, 2007, All About Bags)	inferior a 0,06 mm y un impuesto ecológico para solucionar el problema de contaminación visual y disminuir la cantidad de plástico que va al vertedero o se tira en el medioambiente.	Sin embargo, en 2006, Taiwán anuló la prohibición en el sector de servicio de alimentos porque generaba un aumento en los residuos por reemplazamiento con bolsas de papel. La prohibición de la bolsa y se trasladó a un modelo de reciclaje.
China (Worldwatch Institute, 2009)	En 2008, China prohibió la práctica de ofrecer bolsas de plástico gratuitas en los supermercados y prohibió la producción y el uso de bolsas de plástico más fino que 0.025 mm para disminuir la cantidad de plástico tirado en el medioambiente.	El uso nacional de bolsa de plástico se ha reducido 2/3 al menos.
Ruanda (REMA, 2011)	Desde 2008, está totalmente prohibida la fabricación, importación, uso y venta de bolsas de plástico no biodegradable por culpa de la contaminación visual causada por las bolsas tiradas en la naturaleza y de los efectos adversos en la salud y los ecosistemas debidos a su descomposición y la liberación de productos tóxicos.	Esta política de gestión fue un éxito. Las ciudades están limpias y libres de residuos plásticos
Irlanda (European Commission, 2013; Convery, F., et al, 2007)	<p>El gobierno introdujo el 4 de marzo 2002 un impuesto al plástico de 15 céntimos de euro por bolsa. El primer objetivo era reducir el consumo de bolsas de plástico desechables, influyendo en el comportamiento del consumidor.</p> <p>Desde el 1 de julio de 2007, el impuesto es de 22 céntimos de euros. Las normas no distinguen entre bolsas biodegradables y otras bolsas ya que requieren mucho tiempo en degradarse.</p> <p>Los ingresos por el impuesto se depositan en un fondo ambiental, el cual es administrado por el Departamento de Medio Ambiente, Patrimonio y Gobierno Local. El fondo se utiliza para cubrir los gastos administrativos (3% de la facturación total) y soporta una amplia gama de programas ambientales.</p>	<p>El efecto fue inmediato: el número de bolsas utilizadas por persona disminuyó de 328 a 21. Las alternativas a las bolsas de plástico de un solo uso, como bolsas reutilizables, están disponibles en las tiendas. El consumidor ha cambiado sus hábitos.</p> <p>El efecto del impuesto en los puntos de venta ha sido espectacular: la reducción en el uso del orden de 90%, es asociada con una reducción de basura y de efectos negativos sobre el paisaje. Los costos de administración han sido muy bajos. La respuesta de los principales grupos de interés, el público y la industria ha sido positiva.</p>
Sudáfrica (Dikgang, J., et al, 2012)	Para reducir el consumo de bolsas de plástico, el gobierno instaló en 2003 un impuesto por bolsa, de forma similar a la aplicada por los irlandeses.	El bajo precio solo ha permitido un éxito a corto plazo. Con el tiempo, la eficiencia de la tasa ha disminuido a pesar de su completa aplicación en los puntos de pago y envío.

Tabla 1. Ejemplos de políticas de gestión de las bolsas en el mundo

Así, en todos los continentes algunos países se embarcan en la carrera y para muchos de ellos como Irlanda, Ruanda o Dinamarca, es un éxito. Sin embargo, se puede discutir la eficiencia de estos métodos. La investigación llevada a cabo en *Reduction of plastic carrier bag use: An analysis of alternatives in Israel* (Ayalon, O., et al, 2009) analiza los aspectos ambientales reales de consumo y uso de bolsas de plástico y se evalúa la eficacia de la regulación. El estudio pone de relieve que un impuesto en las bolsas funciona más o menos dependiendo de la función de la bolsa y del precio de la tasa. Por ejemplo, la gente disminuye su consumo de bolsas ligeras utilizadas solo una vez (para por ejemplo transportar comida directamente de la tienda hasta un parque donde consumirla) para no pagar inútilmente la tasa pero no disminuye su consumo de bolsa de supermercado si la tasa vale menos que el precio de las bolsas de basura que se reemplazan por las bolsas de compra. Las políticas demasiado laxas y la ausencia de alternativas baratas en comparación al impuesto llegan a un fracaso como en Bangladesh (IRIN, 2011) o Sudáfrica (Dikgang, J., et al, 2012). Además, el éxito de las políticas depende del nivel de desarrollo económico y ecológico de un país. En Taiwán, la falta de sistema de reciclaje y recogida de residuos eficiente llegó al fracaso de la prohibición de las bolsas de plástico porque provocó el aumento del volumen de residuos por causa del uso de bolsas de papel y se levantó la prohibición (EPD Hong Kong, 2007). De todos modos, la supresión total de las bolsas de plástico de un solo uso tampoco es la mejor opción, dado que, con el reemplazamiento por las bolsas de papel u otras bolsas reutilizables más gruesas, se aumentan las cantidades de residuos y las emisiones al medio ambiente (Khoo, H. H., & Tan, R. B., 2010). La solución intermedia podría ser incitar a la disminución del consumo de bolsas de un solo uso y fomentar la reutilización al máximo de cada bolsa tras un programa educativo y un trabajo sobre el comportamiento de los consumidores (Khoo, H. H., & Tan, R. B., 2010; Ayalon, O., et al, 2009).

2.1.2. En Francia: la iniciativa de Córcega

La situación en Francia antes de 2003

En Francia, antes de 2003, 17 mil millones de bolsas se distribuían cada año, el 80% en la gran distribución. En conjunto, el 60% no iban al vertedero. Aunque la responsabilidad de los distribuidores es obvia, no existían muchas las iniciativas. Sólo la cadena E. Leclerc, pionero en el campo del medio ambiente, ha dado pasos importantes, lanzando en 1996 el concepto de bolsa reutilizable para la vida: por 15 céntimos, el consumidor compra una bolsa más grande y más fuerte, que se cambia de forma gratis cuando está fuera de uso. Con el apoyo de una amplia campaña de publicidad, este dispositivo ha permitido en seis años reducir en un 95% el número de bolsas distribuidas: de mil millones ha pasado a 50 millones, es decir 24 000 toneladas de plástico evitadas.

La iniciativa « Halte aux sacs plastiques » en Córcega

En 1999, en Córcega, la asociación *Les Amis du Vent* lanzó el movimiento "Halte aux sacs plastiques" ["Deje las bolsas de plástico"] durante la 8ª edición del *Festival du Vent*, un evento que se celebra cada otoño en Calvi (Córcega). El evento atrajo la atención de las autoridades regionales, con también una carta enviada a los servicios del Estado que trata de la contaminación de la costa por bolsas de plástico, y sugirió que se busquen alternativas. Esta propuesta fue acogida favorablemente, especialmente por la Agencia de Medio Ambiente de Córcega y los consumidores. Durante 4 años, una gran campaña se llevó a cabo con el público y los medios de comunicación para informar y educar sobre el tema de la eliminación de las bolsas de plástico de un solo uso. La asociación reunió a todos los responsables económicos y políticos para convencerlos y investigó con expertos y científicos sobre los beneficios ambientales de las diferentes alternativas a las bolsas de un solo uso (Les Amis du Vent, 2005).

En 2002 y 2003, dos mociones fueron aprobadas por unanimidad para prescribir la sustitución de las bolsas de plástico de un solo uso en Córcega: la primera por el Consejo Económico, Social y Cultural de Córcega y el segundo por la Asamblea de Córcega (*Assemblée de Corse*, 2003). El 15 de mayo de 2003, la Asamblea Territorial de Córcega aprobó una moción para prohibir la bolsa de plástico en la gran distribución en la isla y fomentar alternativas no contaminantes (*Assemblée de Corse*, 2003). Los distribuidores convinieron en que las bolsas no llevan los logotipos de las marcas, sino un solo mensaje sobre la protección del medio ambiente, y decidieron facturar el costo a los consumidores sin hacer beneficios (CODIM 2, comunicación personal).

En mayo de 2003, las 4 marcas de supermercados presentes en la isla (Géant Casino, System U, Carrefour y Champion) organizaron en sus tiendas, con la asistencia de la Agencia de Medio Ambiente de Córcega, una consulta con el cliente de modo que fuese parte integral de la elección de las bolsas alternativas (CODIM2, comunicación personal; Les Amis du Vent, 2013). Las ocho grandes superficies principales de la isla, situadas en Ajaccio, Bastia, Calvi y Porto-Vecchio, propusieron un referéndum para que los consumidores eligiesen qué tipo de bolsa era el más adecuado a sus necesidades, gracias a una votación al pasar en las cajas de las tiendas. En dos días, el 23 y 24 de mayo de 2003, más de 30.000 votos fueron registrados (sólo el 6,4% de los clientes se negaron a votar). Los votantes podían elegir entre las alternativas presentadas en la Tabla 2.

Los resultados fueron claramente a favor de las bolsas reutilizables de polipropileno con más del 61% de los votos. La bolsa de papel fue la segunda opción con un 20% de los votos. Desde el lunes 4 de agosto de 2003, no se distribuyeron más bolsas de plástico de un solo uso en las grandes superficies de Córcega. Los consumidores adoptaron esta nueva práctica sin problemas (Les Amis du Vent, 2013). Córcega ha sido la primera región de Francia en prohibir la bolsa de plástico en su territorio.

Tipo de bolsa	Bolsa de asas reutilizable	Bolsa de papel	Bolsa de mater-bi
Imagen			
Características técnicas	42 x 50 x 18 cm Volumen: 40 L Carga: 35 Kg Polipropileno tejido	32 x 39 x 16 cm Volumen: 20 L Carga: 12 Kg Papel Kraft	<u>Grande:</u> 50 x 55 cm Volumen: 27 L <u>Pequeño:</u> 42 x 48 cm Volumen: 15 L Bolsa con base de almidón
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Resistente y estético, - Fácil mantenimiento, - Fácil de usar (queda de pie, cómodo de manejar con carga pesada) 	<ul style="list-style-type: none"> - Biodegradable - Reciclable - Natural - Resistente 	<ul style="list-style-type: none"> - Biodegradable - Compostable - Bajo impacto ambiental - Materia renovable y no toxico

Tabla 2. Características de las alternativas a la bolsa de un solo uso (CODIM2, comunicación personal)

La propagación del movimiento

La revelación de la campaña "Haltes aux sacs plastiques" proporcionada por los medios de comunicación ayudó a difundir el tema a nivel nacional (Les Amis du Vent, 2013).

En 2003, la empresa Carrefour encargó a la sociedad Ecobilan un análisis de ciclo de vida para cuantificar y comparar los impactos ambientales de las cuatro opciones de bolsas que podrían ponerse a disposición de sus clientes: la bolsa de polietileno convencional desechable, una bolsa de plástico reutilizable, la bolsa de papel y la bolsa de almidón de maíz biodegradable. Los resultados mostraron que "más allá de un cierto número de reutilizaciones, las bolsas de compra reutilizables son siempre mejores que las bolsas desechables estudiadas. Así, para un número mayor o igual a cuatro usos, las bolsas de plástico reutilizables son mejores que las bolsas desechables" (ECOBILAN, 2004). Los resultados de este estudio Ecobilan fueron seguidos por la mayoría de marcas de gran distribución que, en noviembre de 2003, tras el éxito de la campaña "Haltes aux sacs plastiques" en Córcega y un incentivo fuerte del Ministerio de Ecología y Desarrollo Sostenible, decidieron en conjunto desarrollar alternativas y comprometerse a reducir su distribución de bolsas de plástico de un solo uso. En 2003, la gran distribución anunció una meta de reducción de 15 a 20 % en el número de bolsas distribuidas en 3-4 años y este objetivo se alcanzó en solo 1 año (Ministère de l'Ecologie, 2013). En 2010, el consumo de bolsas de plástico en los supermercados es de solo 960 millones por año (Ministère de l'Ecologie, 2013).

Desde un punto de vista legislativo, en septiembre de 2005, el Parlamento aprobó una ley para la prohibición de las bolsas no biodegradables en 2010 (ADEME, 2005). Pero en diciembre de 2010, en lugar de la prohibición - como estaba previsto - el Senado decidió permitir su uso por otros tres años (SENAT, 2010). Se gravan desde enero de 2014 hasta 10 € por kilo (Gobierno francés, 2013). Esta disposición también prohíbe bolsas biodegradables falsas, llamados "fragmentables", constituidas por más de 90% de polietileno y aditivos de fragmentación. El impuesto no se aplica a las bolsas de plástico biodegradables, que consta con un mínimo de 40% en masa de materiales vegetales (SENAT, 2010).

Evolución de la situación en 2013

10 años después de la eliminación de las bolsas desechables de plástico en los supermercados de Córcega, los resultados son muy positivos. La población se ha adaptado sin dificultad y ha tomado el hábito de traer sus propias bolsas reutilizables (Les Amis du Vent, 2013). Pero la política inicial de vender en todas las tiendas de Córcega las mismas bolsas reutilizables, de polipropileno o de papel Kraft, con la imagen de Córcega y que no tiene el logotipo de la marca, desapareció. Sin embargo cada tienda distribuye sus propias bolsas respetando las decisiones de los clientes en el referéndum de 2003.

Después de 10 años, los efectos en términos de residuos tirados en la naturaleza son positivos dado que las bolsas de plástico han desaparecido de las playas y bosques de la isla (Les Amis du Vent, 2013). Sin embargo, para confirmar el éxito de esta prohibición y de las alternativas elegidas, es necesario cuantificar los daños no visibles causados al medioambiente como las emisiones de sustancias tóxicas en el aire, el agua o el consumo de recursos. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es cuantificar tanto los impactos ambientales de las bolsas de un solo uso que de las alternativas utilizadas en Córcega y compararlos para determinar si el resultado de esta política fue realmente positivo.

Presentación de Córcega

Córcega es una isla francesa situada en el Mar Mediterráneo. Con una superficie de 8.680 kilómetros cuadrados y 1.000 km de costa, esta isla montañosa tiene 322.120 habitantes (2013). Sus principales ciudades son Bastia y Ajaccio. Córcega se encuentra a unos 177 kilómetros al sureste de la Costa Azul, al oeste de la Toscana (85 km) al norte de Cerdeña (12 km). La isla tiene un entorno relativamente bien protegido, tanto en el centro de las tierras como en la costa. Consta con un parque marítimo internacional, reservas naturales (Scandola Finocchiarola, Biguglia, Cerbicale, Bonifacio y Tre Padule de Suartone) y el Parque Natural Regional de Córcega (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Corse>).

En 2011, el producto interno bruto de Córcega ascendió a € 8060 millones es decir € 25 613 per cápita (por debajo de la media de las regiones francesas). La economía es principalmente terciaria en gran

parte debido al turismo. La industria es reducida y concentrada en el procesamiento de productos alimentarios (Insee, 2010).



Mapa de localización de la isla de Córcega en el mar mediterráneo (www.corsica.net)

2.2. EL MÉTODO DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

2.2.1. Descripción del método

Todos los productos tienen una “vida” que empieza con su desarrollo, sigue con la extracción de materias primas que lo componen, la producción de materiales, la producción del producto final, su uso y mantenimiento y finalmente acaba con las diferentes opciones de fin de vida (reciclaje, vertedero, incineración etc.). Estas diferentes etapas forman un ciclo de vida representado en la Figura 1 e inducen impactos en el medioambiente debido al consumo de recursos o a las emisiones de substancias.

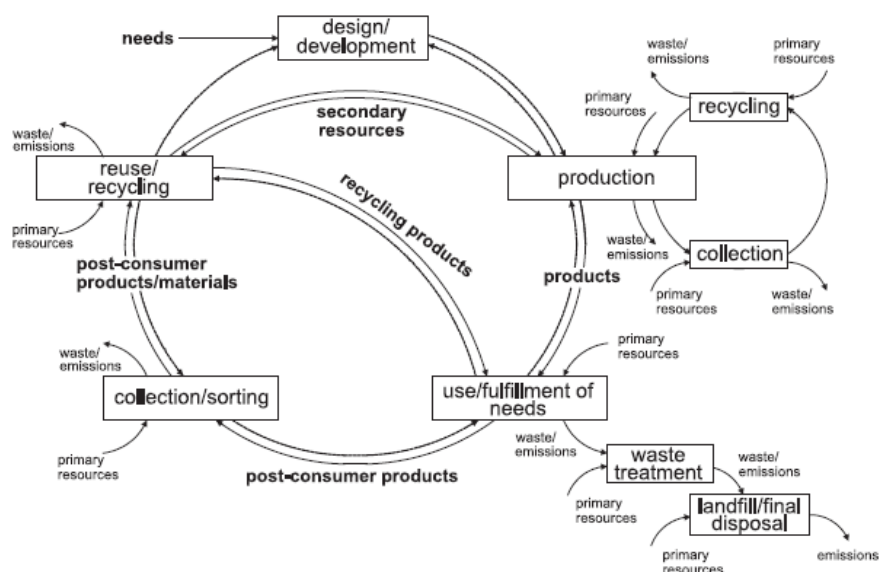


Figura 1. Esquema general del ciclo de vida de un producto (Rebitzer et al., 2004).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión que sirve para evaluar el comportamiento ambiental de un “producto” (se trata de un bien, un servicio o un proceso) a lo largo de todo su ciclo de vida. Esta herramienta permite comparar dos productos o permite determinar que parte de un proceso se puede mejorar para disminuir el impacto ambiental del producto. Facilitando información, es un método de ayuda a la decisión al momento de implementar medidas de política ambiental. Además, es tanto un elemento de comunicación para las empresas que un indicador para el consumidor.

2.2.2. Desarrollo de un ACV

Las bases metodológicas del análisis de ciclo de vida se definen en las normas internacionales de ISO 14040 (1997) hasta 14043 (2000), que especifican la estructura, los principios generales y los requisitos para el análisis de ciclo de vida y la comunicación en estos estudios. Esta familia de normas es una especie de guía de buenas prácticas que insiste más en el rigor (la coherencia entre los objetivos del estudio y su aplicación, la transparencia y la justificación de las hipótesis...) en cuanto a la exactitud o integridad de la análisis.

Este método sigue siempre el mismo esquema en 4 pasos representados en la Figura 2 y detallados a continuación (Rebitzer et al., 2004; Pennington, D. W., et al, 2004).

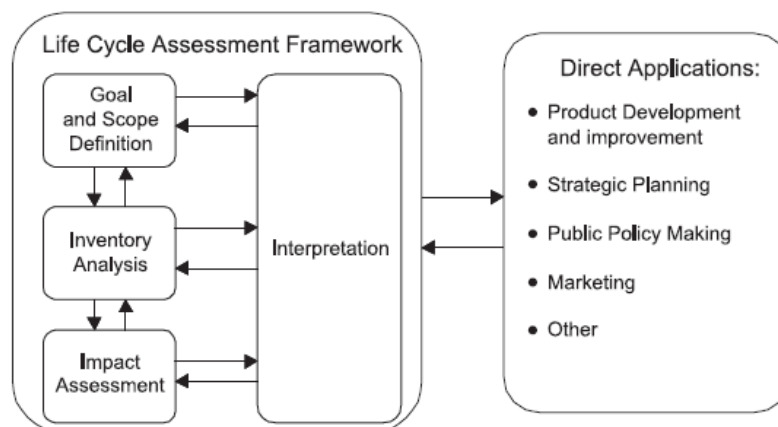


Figura 2. Metodología de desarrollo de un ACV y aplicaciones posibles (Rebitzer et al., 2004).

1. Definición del objetivo y del campo de aplicación:

En esta parte se define el objetivo a lograr y la unidad funcional adecuada para esto. La unidad funcional es un elemento clave en el desarrollo de un ACV. Cada producto o sistema cumple una función que se cuantifica con una unidad funcional. Para comparar dos procesos hay que hacerlo para un mismo servicio, es decir una misma función cumplida, durante el mismo tiempo, en el mismo entorno y bajo las mismas condiciones de uso. También se presentan

tanto las alternativas que cumplen con la unidad funcional y que se van a estudiar como los límites del estudio (lo que se incluye/excluye). Las decisiones en cuanto al modelado del sistema como sus límites, los procesos y subprocesos que se desprecian o no incluyen tienen consecuencias importantes en los resultados del análisis.

2. Análisis del inventario de datos:

Esta parte es la que consume la mayor parte del tiempo. Se trata de definir los ciclos de vida del producto y sus alternativas de una manera cualitativa (determinación de los procesos implicados como producción, transporte, fin de vida etc.) y cuantitativa (entradas y salidas de materiales, energía, emisiones etc.). La colección de los datos puede resultar difícil porque parte de ellos no existen o no se pueden obtener por parte de las industrias así que puede ser necesario utilizar manuales, bases de datos de la industria o estudios similares de ACV como fuentes de datos. Al final de este paso, puede resultar que la información colectada no es suficiente para lograr los objetivos definidos al principio y, en este caso, es necesario redefinir objetivos realizables.

3. Evaluación de los impactos ambientales potenciales:

Este paso consiste primero en la selección de las categorías de impacto de interés, los indicadores para cada categoría de impacto. Sigue las etapas de clasificación (asignación de los datos de inventario a las categorías de impacto seleccionadas) y de caracterización (cálculo de los indicadores). De manera opcional, se puede normalizar los resultados y ponderar para obtener una puntuación total pero este método es controversial.

4. Interpretación de los resultados:

Este paso consiste en evaluar la validez de los resultados obtenidos discutiendo de los datos utilizados. Este análisis se desarrolla en cada etapa del ACV. Después de la interpretación final, un grupo independiente puede realizar una revista crítica del trabajo.

2.2.3. Las herramientas y datos disponibles

Software

Existen numerosos softwares para realizar análisis de ciclo de vida: Gabi, Umberto, Quantis, Equer, IDEMAT etc. (EPA, website). Estos programas de aplicación de ACV suelen de ser de pago porque las informaciones y valores que contienen y utilizan se van siempre actualizados y son cada vez más extensos. El programa más utilizado en el mundo tanto en el sector de la investigación que para la aplicación en empresa y reconocido por la comunidad científica es SIMAPRO (Pieragostini, C., et al, 2012).

Esta herramienta, desarrollada por la sociedad PRé Consultants, permite realizar análisis del ciclo de vida con muchas características y es esta que se utiliza en el presente trabajo. El modelado se realiza primero mediante la introducción de la nomenclatura del producto (en términos de materiales y procesos utilizados) y, posteriormente, la integración de los datos para otras etapas del ciclo de vida tales como el transporte, uso o el fin de vida. Una fuerza del software es las bases de datos asociadas (ecoinvent, USA Input Output Databas, Swiss Input output Database, Industry data v.2...). Además, ofrece opciones numerosas en términos de métodos de evaluación: CML-IA, IMPACT 2002+, RECIPE, ECO-INDICATOR 99 etc. (PRé, 2013).

Bases de datos

Para completar el inventario de datos recopilados sobre los procesos estudiados, se utilizan bases de datos. Estas, creadas con datos públicos e industriales, consisten en una recopilación las informaciones existentes sobre procesos, materiales, mercados... contienen las entradas y salidas de materiales y energía asociadas. Existen varias bibliotecas de datos, algunas de estas son las siguientes: Ecoinvent, European Life Cycle Data System (ELCD), LCA food database, U.S. Life-Cycle Inventory (LCI) Database, Franklin US LCI database, Industry data, USA Input Output database, EU and Danish Input Output database, Dutch Input Output database, Swiss Input Output database, Japanese Input Output database etc. (Rebitzer et al., 2004; PRé, 2013). La base de datos la más completa es la base Ecoinvent V3.

Modelos

Para evaluar los impactos ambientales del ciclo de vida del producto considerado, existen varios métodos. Estos métodos se dividen en dos tipos: los métodos Mid-Point, con resultados físicos expresados en términos de emisiones o consumos de energía o materiales (por ejemplo el cambio climático expresado en kg CO₂ equivalentes), y los métodos End-Point, con resultados relacionados con efectos finales como la pérdida de esperanza de vida. Estos últimos son más realistas y fácil de entender pero más difícil de modelar y por lo tanto, presentan una incertidumbre más importante (Pennington, D. W., et al, 2004).

Cada modelo es específico y permite calcular resultados para unas categorías de impacto determinadas. También, algunos modelos tienen mayor consenso que otros. Hasta ahora, una gran parte de los estudios publicados se desarrollaban con el método Eco-Indicator 99, un modelo End-Point (Pieragostini, C., et al, 2012), pero ya se ha reemplazo por métodos más recientes y reconocidos por la comunidad científica como el método Recipe (Pré, 2013).

2.2.4. Literatura científica y estudios previos sobre el tema de las bolsas de compra

Frente al problema de las bolsas de plástico de un solo uso, muchos estudios de análisis de ciclo de vida se llevaron a cabo analizando los impactos de las diferentes alternativas y comparándolas, con el objetivo de determinar la mejor solución.

Las alternativas a la bolsa de un solo uso distribuidas en las tiendas son las siguientes:

- *La bolsa reutilizable*

El más común es la bolsa de polietileno flexible. Existe también de polipropileno tejido, de papel... Tiene la ventaja de ser particularmente fuerte, y puede servir para varios años. Otros están hechos de tela, natural o sintético. También hay canastas, cajas de plástico... (UK Environment Agency, 2011).

- *La bolsa fragmentable*

No es biodegradable, pero fotodegradable. Contiene aditivos que aceleran el proceso de degradación. Después de varios meses, se rompe en escamas por la acción de la luz, el calor, o bajo el efecto de tensiones mecánicas. Pero el plástico queda disperso en la naturaleza, en forma de micropartículas (Arehn, 2013).

- *La bolsa vegetal o de plástico biodegradable*

Está basada en el almidón de maíz, papa, caña de azúcar.... La degradación se produce en dos pasos: primero la desintegración de la película de plástico con el ataque de almidón por microorganismos, y a continuación, la degradación del poliéster por hidrólisis y de ataque de los microorganismos. Una vez degradado, queda sólo el humus, dióxido de carbono y agua. La mayoría de las bolsas están hechas de almidón de maíz. Son compostables pero no son reciclables (Arehn, 2013).

El documento de referencia sobre el análisis de los impactos de las bolsas de compra es *Paper vs. plastic bags* - Institute for life cycle environmental assessment (Franklin Associates, 1990). En este primer estudio publicado sobre el tema, se compara el impacto de las bolsas de papel y de polietileno de solo uso en los EE.UU. La investigación concluye que las bolsas de plástico tienen un impacto ambiental menor y utilizan menos energía. Algunas de las principales conclusiones son que:

- Las bolsas de plástico requieren un 20-40% menos de energía que bolsas de papel.
- Las bolsas de plástico inducen 70-80 % menos de residuos sólidos que las bolsas de papel.
- Las emisiones atmosféricas de la bolsa de plástico son 63-73 % más bajas que la bolsa de papel.
- La bolsa de plástico induce más del 90 % menos de emisiones en el agua que la bolsa de papel.

A partir de este trabajo de referencia, se realizaron muchos estudios en diferentes países. Uno de los primeros más extensos es el llevado a cabo por ECOBILAN para la cadena de supermercados Carrefour (ECOBILAN, 2004). El ACV (Análisis de Ciclo de Vida) compara el impacto de las cuatro opciones en los países en los que opera Carrefour (Francia, Bélgica, España e Italia): bolsa de un solo uso hecha de polietileno, una de papel, una biodegradable con base de almidón, y una bolsa de polietileno reutilizable. Las principales conclusiones del estudio son las siguientes:

- La bolsa de polietileno reutilizable es siempre mejor que las bolsas de un solo uso (de polietileno, papel o biodegradable) cuando se utiliza por lo menos cuatro veces.
- Según la tasa de segunda vida de bolsa de un solo uso como bolsa de basura, la bolsa reutilizable de polietileno se debe utilizar entre 4-7 veces para ser mejor para todos los indicadores estudiados.
- El impacto ambiental de las bolsas de un solo uso varía dependiendo del indicador que se evalúa.
- La bolsa de papel usa tres veces más agua que la bolsa de plástico de un solo uso en polietileno.
- La bolsa de papel genera un 80-90% más de emisiones de gases de efecto invernadero, y de 80 a 90% más de acidificación del aire que la bolsa de un solo uso en polietileno.
- La bolsa biodegradable genera 11 veces más eutrofización del agua que la bolsa de un solo uso en polietileno por culpa de la producción agrícola de almidón.
- La bolsa de papel genera 12 veces más eutrofización del agua que la bolsa de un solo uso en polietileno por culpa de la producción de papel.

Estos resultados se completaron en 2008 con un segundo estudio sobre las bolsas de compra en general (ECOBILAN, 2008). Se determinó que:

- La fase de producción del material principal predomina para todas las bolsas y la mayoría de los indicadores.
- El transporte tiene un impacto bajo en comparación con otras etapas.
- La etapa de fabricación e impresión de la bolsa de papel tiene un bajo impacto para todos los indicadores. Para la bolsa de plástico, este paso es principalmente visible para las emisiones de oxidantes fotoquímicos por el uso de tinta.
- Los beneficios de reciclaje no aparecen en los indicadores, excepto en la producción de residuos no peligrosos que disminuye.

Un estudio de 2011 de la Agencia de medioambiente de Reino Unido (UK Environment Agency, 2011) evalúa los impactos ambientales del ciclo de vida, de la producción, uso y eliminación de diferentes

bolsas disponibles en los supermercados de Reino Unido en 2006 (bolsas de polietileno de alta densidad, biodegradables, de papel, de polietileno de baja densidad, de polipropileno no tejido, y de algodón). El estudio encontró que:

- El impacto ambiental de todo tipo de bolsa está dominado por el uso de los recursos y las etapas de producción. Transporte, embalaje secundario y gestión al final de su vida en general, tienen una influencia mínima.
- Para cualquier bolsa, la clave para la reducción de los impactos es reutilizar tantas veces como sea posible tan para el transporte de compra que para otra función (por ejemplo, como bolsa de basura).
- Bolsas biodegradables de almidón-poliéster tienen un alto potencial de calentamiento global y de agotamiento abiótico, más alto que las bolsas de polímeros convencionales, debido al aumento del peso del material en una bolsa y la producción del material.
- Bolsas de papel, LDPE (Low Density Polyethylene), Polipropileno no tejido y algodón se deben reutilizar al menos respectivamente 3, 4, 11 y 131 veces, para asegurarse de que tienen un potencial de calentamiento global menor que las bolsas convencionales que no se reutilizan.
- El reciclaje o el compostaje generalmente producen sólo una reducción pequeña en el potencial de calentamiento global y el agotamiento abiótico.

Estos estudios son los ejemplos más detallados de trabajos sobre el análisis de ciclo de vida de la bolsa de plástico y de sus alternativas pero solo son unos entre muchos (Muthu, S., 2009; Muthu, S., 2010; Muthu, S., 2011; Environment Australia: Canberra, 2002; Khoo, H. H., & Tan, R. B., 2010). En efecto, se utiliza la evaluación del ciclo de vida por los profesionales y los responsables políticos para entender los impactos de las bolsas. Sin embargo, hay que recordar que esta herramienta tiene limitaciones para medir el impacto ambiental y no evalúa actualmente el impacto financiero o social. Varios trabajos han hecho una revisión crítica del uso del ACV para evaluación de la sostenibilidad de envases. El artículo *Evaluating the sustainability impacts of packaging: the plastic carry bag dilemma* (Helen Lewis, Karli Verghese and Leanne Fitzpatrick, 2009) analiza los resultados de los estudios de ACV que comparan diferentes tipos de bolsas y discute los beneficios y limitaciones de este tipo de análisis. Resulta que el ACV permite una comprensión de los impactos ambientales y es un apoyo a la toma de decisiones pero que no es suficientemente completo para justificar una política ambiental considerando que no toma en cuenta todos los temas relevantes como los aspectos sociales y económicos (consecuencias para los consumidores, repercusión en la industria, en el mercado asociado etc.).

Conclusión del estado del arte:

Aunque el método de ACV tiene unos límites y que no permite definir que una alternativa a la bolsa de plástico de solo uso es la mejora de manera absoluta, el desarrollo de estudios analizando los impactos ambientales de las diferentes bolsas de compra y comparándolas permite llegar a los resultados siguientes:

- Sin reutilización, la bolsa convencional ligera en polietileno tiene un impacto más bajo que todas las alternativas consideradas para la mayoría de las categorías de impacto (ECOBILAN, 2004; Khoo, H. H., & Tan, R. B., 2010; Muthu, S., 2010; Franklin Associates, 1990; ECOBILAN, 2004; UK Environment Agency, 2011);
- A partir de un cierto número de reutilización, las alternativas reutilizables tienen un impacto menor que las bolsas de un solo uso: un gran número de reutilización es la clave de la reducción del impacto (Muthu, S., 2010; ECOBILAN, 2004; UK Environment Agency, 2011);
- La bolsa de papel tiene un impacto mayor que la bolsa de un solo uso en polietileno en términos de consumo de agua, de emisiones de gases a efecto invernadero y de eutrofización del agua (Khoo, H. H., & Tan, R. B., 2010; Franklin Associates, 1990; ECOBILAN, 2004).
- Las etapas de extracción y producción de las materias primas y de producción de las bolsas concentran la mayor parte de los impactos para la mayoría de los indicadores;
- Las etapas de transporte y los escenarios de fin de vida tienen un impacto mínimo en comparación con el resto del ciclo de vida (UK Environment Agency, 2011; ECOBILAN, 2008);
- El aumento de la tasa de reciclaje solo induce una pequeña reducción del impacto (UK Environment Agency, 2011; ECOBILAN, 2008).

Interés del presente trabajo en el contexto de lo que ya se ha publicado

La mayoría de los estudios publicados comparando las diferentes bolsas de compra permiten llegar a conclusiones generales y cualitativas sobre las fases de vida del producto que tienen el impacto mayor y sobre la utilidad de reutilizar al máximo las bolsas.

Sin embargo, estos estudios se realizan considerando unos tipos de bolsas específicos, es decir que tienen unas características (composición, peso, lugar de fabricación, etc.) determinadas y que los resultados cuantitativos del análisis de impacto de las bolsas no se pueden adaptar a otras bolsas con características diferentes. En efecto, como muestran estos estudios, las materias primas y la fase de fabricación inducen la mayor parte de los impactos cual sea la categoría de impacto considerada, por lo tanto, los valores de emisiones o consumos de energía y materias primas pueden cambiar mucho si examinamos una bolsa de polietileno o de polipropileno o si el peso de la bolsa varía de unos gramos. En este contexto, para evaluar los beneficios del cambio de bolsas de un solo uso por bolsas

reutilizables en Córcega, primero hay que realizar el análisis de impacto del ciclo de vida de los tipos específicos de bolsas utilizadas en la isla.

Además, a veces los métodos de análisis de ciclo de vida utilizados en los trabajos existentes en la literatura son anticuados y se han reemplazados por métodos más actuales que tienen el consenso de la comunidad científica. De la misma manera, los programas de ACV están ahora más poderosos y las bases de datos más completas de manera que permiten obtener resultados mejores. Estos resultados actualizados se utilizaron para analizar el caso de Córcega.

No obstante, la disponibilidad de estos resultados de estudios previos sobre el tema permite tener una referencia para comparar con los resultados encontrados en este estudio y verificar que las conclusiones generales cualitativas son similares.

3. Material y métodos

3.1. APLICACIÓN DE LOS ACV A LAS BOLSAS DE COMPRA

3.1.1. Definición del objetivo y ámbito del estudio

Objetivo del ACV y uso previsto

El propósito de este ACV es valorar los impactos o beneficios del reemplazamiento de las bolsas de plástico de un solo uso con bolsas reutilizables de polipropileno tejido y de papel en el caso de Córcega. Teniendo en cuenta que según la literatura (ECOBILAN, 2004; UK Environment Agency, 2011) una bolsa reutilizable tiene más impactos en el medioambiente que una bolsa de plástico convencional, el análisis debe considerar la influencia del número de reutilización de las bolsas por los usuarios y comprobar este resultado.

El estudio realizado con el software SimaPro incluye el análisis de ciclo de vida de los 3 tipos de bolsas considerados en el caso de Córcega presentado en la parte *Antecedentes* (una de solo uso y dos reutilizables) con el propósito de comparar los resultados.

Por lo tanto, los objetivos de este estudio son:

- *cuantificar los impactos ambientales de diferentes opciones de bolsa;*
- *identificar qué etapas (procesos, materiales) concentran los impactos principales;*
- *determinar el valor mínimo de reutilización a partir del cual es beneficioso utilizar bolsas reutilizables y no bolsas de solo uso;*
- *cuantificar los impactos ambientales inducidos o evitados en función del número de reutilización de cada opción.*

Límites del sistema considerado

Considerando el caso de Córcega expuesto en la parte *Antecedentes* y el objetivo de valorar los beneficios del cambio de política de gestión de las bolsas de compra en la isla, se estudia en este trabajo los tres tipos de bolsas siguientes:

- Bolsas de solo uso en polietileno (PE) ;
- Bolsas de papel reutilizable ;
- Bolsas de polipropileno (PP) tejido reutilizable.

La bolsa de solo uso en PE era la bolsa más utilizada antes de la prohibición de su uso en la gran distribución en Córcega. Las bolsas reutilizables de papel y polipropileno tejido son las dos alternativas

utilizadas ahora en la isla. No se trata de encontrar otra alternativa mejor pero de evaluar el impacto de este cambio.

En el estudio, no se consideran:

- El aumento del consumo de bolsas de basura debido a la desaparición de las bolsas de solo uso que se utilizaban para la basura;
- Las infraestructuras necesarias para la producción de las materias primas, de las bolsas, el lugar de almacenamiento etc. porque el impacto asignable a la cantidad de bolsas consumida en Córcega es despreciable en comparación con las cantidades globales de bienes producidos en estas infraestructuras (ECOBILAN, 2004);
- El transporte y los procesos de fabricación de los productos secundarios (pegamento, tinta, pigmento) por su poco peso en comparación con la bolsa, solo se considera la composición de estos productos;
- El transporte de los bienes de las tiendas a casa de los consumidores por el poco peso de las bolsas en comparación con el coche y los bienes transportados.

Definición de la unidad funcional

La unidad funcional ofrece un punto de referencia para las entradas y salidas consideradas en el ciclo de vida de las bolsas.

Cada bolsa se estudia por el mismo servicio prestado al cliente. El servicio primero de estas bolsas distribuidas por los supermercados es permitir a los consumidores el transporte de los bienes comprados de la tienda hasta casa.

El número de bolsas necesario para transportar las compras depende del volumen de las bolsas. Así, hay que comparar las bolsas para un mismo volumen de bienes a transportar. Además, si se considera un gran volumen de compras, realizadas en varias visitas al supermercado, existe la posibilidad de reutilizar las bolsas varias veces. Un cliente hace en promedio 9000 litros de compras por año (ECOBILAN, 2004). Considerando que va al supermercado 2 veces a la semana, esta cifra equivale a unos 90 litros cada vez en promedio. Es decir que si consideramos 1 m³ de bienes, corresponde con varias visitas al supermercado y es posible la reutilización de las bolsas.

Por lo tanto, la unidad funcional es *“permitir el transporte de 1m³ de bienes del supermercado a casa”*.

Obtención y fiabilidad de los datos

Teniendo en cuenta la dificultad de obtener datos de los industriales y de la gran distribución, así como la presencia en Córcega de varias cadenas de supermercados y de muchas tiendas pequeñas

independientes o franquiciadas, solo se considera las bolsas distribuidas por las tiendas del grupo Casino (4 hipermercados y 7 supermercados) que representa más del 40% de cuota de mercado en la isla en 2013 (CODIM 2, comunicación personal). Este grupo, que consta con tiendas de varios tamaños y repartidas en toda la isla, fue un actor importante del paso de las bolsas de un solo uso a las bolsas reutilizables en 2003 y, desde hace 10 años, sigue distribuyendo los dos tipos de bolsas reutilizables estudiados. Por estas razones, los datos facilitados por Casino se consideran representativos.

Frente a la imposibilidad de obtener datos sobre las bolsas de plástico de un solo uso distribuidas por Casino en 2003 antes de su prohibición, se considera los datos (características de la bolsa, lugar de producción) del estudio realizado por ECOBILAN en 2004 para el grupo Carrefour. Son datos que pueden parecer anticuados, pero son representativos de las bolsas que se distribuían al mismo tiempo por Casino y por lo tanto pueden utilizarse como punto de referencia para la comparación con las alternativas reutilizables.

Los datos relacionados con las características de las bolsas reutilizables de papel y de polipropileno y su producción son facilitados por CODIM 2, sociedad que gestiona las tiendas del grupo Casino en Córcega, por comunicación personal (Entrevista en las oficinas de la sociedad en Córcega los 5 y 7 de febrero de 2014 e intercambio de correos electrónicos durante los meses de enero, febrero y marzo de 2014 con la dirección de la empresa). Estas informaciones se completan por datos obtenidos del jefe de producto responsable de las bolsas de compra del grupo Casino al nivel nacional (Entrevista telefónica el 28 de febrero de 2014). Los datos relacionados con el transporte hasta Córcega y la distribución de las tiendas son facilitados por la sociedad de transporte del grupo Casino, Easydis, mediante intercambio de correos electrónicos durante los meses de febrero y marzo de 2014 con el jefe del almacén de Easydis en Vitrolles (lugar de almacenamiento de las bolsas que se distribuyen en Córcega). Son datos fiables dado que son los datos reales y actuales.

Para los datos que faltan como los procesos de fabricación y las composiciones de los pegamentos, tintas, pigmentos se consideran datos disponibles en SimaPro, el software utilizado para realizar este análisis de ciclo de vida, o datos facilitados por estudios previos sobre ACV de bolsas de compra.

Los datos relacionados con el fin de vida de las bolsas provienen de Office de l'Environnement de Corse (Oficina de Medioambiente de Córcega) por consultación del sitio web y del SYVADEC, una organización con un enfoque regional responsable de la prevención, el reciclado, la recuperación y el tratamiento de los residuos domésticos (Comunicación personal con un responsable del servicio de reciclaje el 10/03/2014).

3.1.2. Inventario

3.1.2.1. Datos y fuentes

Bolsa de un solo uso en polietileno (PE): características y producción

Para las características de la bolsa, la obtención de materias primas (polietileno, tinta, pegamento y pigmento) y el lugar de producción, se considera los datos del estudio de análisis de ciclo de vida realizado por ECOBILAN en 2004 para el grupo Carrefour presentados en la Tabla 3.

Masa (g/bolsa)	6 g
Espesor (μm)	16 μm
Volumen (l/bolsa)	14 L
Materia prima	HDPE virgen
Origen	Malaysia
Transporte	300 km por camión
Proceso de fabricación	Extrusión
Lugar	Malaysia
Tinta	Tinta con solvente: hipótesis 30% resina de poliamida y 70% de etanol 0.055 g/bolsa
Pigmento	TiO ₂ 0.17 g/bolsa
Pegamento	Hot melt 0.010 g/bolsa

Tabla 3. Características de las bolsas de un solo uso (ECOBILAN, 2004)

Para el consumo de energía primaria en Malaysia se consideran los datos de la Tabla 4 (EIA, 2013).

Fuente de energía	Porcentaje (%)
Carbón	18
Petróleo	39
Gas	37
Nuclear	0
Hídrica	2
Biomasa	4
Energía renovable	0

Tabla 4. Energía primaria en Malaysia en 2011 (EIA, 2013)

El transporte de las bolsas desde la fábrica hasta el lugar de almacenamiento en el Sur de Francia, se realiza mediante 100 km de camión en Malaysia (hipótesis) más 14 700 km de barco para llegar a Francia en el puerto de Le Havre (SeaRates.com) con la hipótesis que las bolsas salen de Kelang, el puerto principal de Malaysia. Después, las bolsas están depositadas por el distribuidor en los lugares de almacenamiento de Aix-en-Provence y de Vitrolles en el sur de Francia (Easydis, febrero 2014,

comunicación personal). Por lo tanto se añade 950 km de transporte por camión en Francia hasta el lugar de almacenamiento (distancia evaluada con Google Maps) como representado en la Figura 3.



Figura 3. Itinerario de las bolsas de un solo uso entre el puerto de Le Havre hasta el lugar de almacenamiento (Mappy)

Bolsa reutilizable en papel: características y producción

Según los datos del grupo Casino (CODIM2, Comunicación personal) y medida realizada personalmente (peso), las bolsas de papel tienen las características presentadas en la Tabla 5.

Masa (g/bolsa)	48 g
Dimensiones (cm)	32 x 16 x 39
Espesor (g/m²)	90 g/m ²
Volumen (l/bolsa)	20 L

Tabla 5. Características de las bolsas de papel

El productor indica en el lado de las bolsas que:

- se fabrican con aserrín, residuos de madera;
- el papel kraft marrón utilizado es natural, no contiene blanqueadores;
- las tintas utilizadas son tintas a base de agua, aptas para el contacto con alimentos;
- los pegamentos son adecuados para el contacto con alimentos.

La impresión es monocromática.

Para la tinta y el pegamento se considera los datos de la Tabla 6 conseguidos en el estudio ECOBILAN (ECOBILAN, 2008) que corresponden con las indicaciones dadas por el productor.

Según el productor, la mayor parte de la producción tiene lugar en Alemania (Morbach) pero dependiendo de la carga de trabajo en las fábricas, la producción puede realizarse en una fábrica de

Austria. Como no se conocen las cantidades exactas producidas en Alemania y Austria, y dado que la producción en Austria se hace de manera puntual, se considera en este estudio que toda la producción viene de Alemania. Se considera el mix energético alemán disponible en Simapro.

Tinta 2 g/bolsa	15% de pigmentos 15 % de resina acrílica 68 % de agua 2 % de etanol
Pegamento 3 g/bolsa	20 % de almidón 20 % vinilo 60 % de pegamento Hotmelt

Tabla 6. Composición de la tinta y el pegamento de las bolsas de un solo uso (ECOBILAN, 2004)

Dado que Morbach (oeste de Alemania cerca de la frontera con Luxemburgo) se sitúa a unos 950 del noreste del país y unos 650 km del sureste (puntos extremos al norte y al sur, los más lejos del lugar de fabricación de las bolsas, distancias calculadas con GoogleMaps), y que la gran parte de las materias primas van a venir de una distancia inferior a estas, se toma la hipótesis que el papel viaja en promedio unos 600 km para llegar a la fábrica de producción de las bolsas¹.

Después, las bolsas están depositadas por el distribuidor en el lugar de almacenamiento de Vitrolles (Easydis, febrero 2014, comunicación personal), por lo tanto hacen 900 km entre Morbach y el sur de Francia (distancia evaluada con Google Maps) como representado en la Figura 4.



Figura 4. Itinerario de las bolsas de papel del lugar de producción hasta el lugar de almacenamiento (Mappy).

¹ Posteriormente, se observa en los resultados que la fase de transporte tiene un impacto mínimo en comparación con otras etapas del ciclo de vida. Por lo tanto, esta hipótesis no influye en el resultado final.

Bolsas reutilizable en polipropileno (PP): características y producción

Según los datos del grupo Casino y medidas realizadas personalmente (peso, dimensiones), las bolsas de polipropileno tienen las características presentadas en la Tabla 7.

Masa (g/bolsa)	69 g de polipropileno para la bolsa 10 g de Nylon para las manijas
Dimensiones (cm)	45 x 22 x 40
Espesor de polipropileno (g/m²)	100 g/m ²
Volumen (l/bolsa)	40 L

Tabla 7. Características de las bolsas de polipropileno

El peso de polipropileno y nylon se determinó por pesada (después de descocer las manijas de la bolsa). Estas bolsas se realizan por tejido de hilos de plástico, es decir que no se necesita ningún tipo de pegamento.

Para la tinta y el pigmento, se considera los datos de la Tabla 8, datos del estudio de análisis de ciclo de vida realizado por ECOBILAN en 2004 para el grupo Carrefour:

Tinta	Tinta con solvente: hipótesis 30% resina de poliuretano y 70% de etanol 0.25 g/bolsa
Pigmento	TiO ₂ 1.3 g/bolsa

Tabla 8. Composición de la tinta y el pegamento de las bolsas de polipropileno (ECOBILAN, 2004)

Según el grupo Casino, estas bolsas están producidas en Asia, en Vietnam la mayor parte, pero también en China y una pequeña parte en Malaysia: basándose en estas informaciones, tomamos la hipótesis que vienen en un 70 % de Vietnam, 20 % de China y 10 % de Malaysia.

Se toma la hipótesis de un transporte de 300 km entre el lugar de fabricación del polipropileno y el lugar de producción de las bolsas y después un transporte en barco para llegar en el puerto de Le Havre en Francia desde Asia. En Francia, las bolsas están depositadas por el distribuidor en el lugar de almacenamiento de Aix-en-Provence (Easydis, febrero 2014, comunicación personal). Por lo tanto se añade 950 km de transporte por camión desde Le Havre hasta el sur de Francia como representado en la Figura 5 (distancia valuada con Google Maps).²

Para la distancia entre Asia y Le Havre en Francia se consideran los datos de la Tabla 9. Las distancias se han obtenidas con la herramienta disponible en el sitio web de SeaRates, que permite calcular las distancias marítimas entre los puertos del mundo, considerando el puerto comercial más importante

² Posteriormente, se observa en los resultados que la fase de transporte tiene un impacto mínimo en comparación con otras etapas del ciclo de vida. Por lo tanto, esta hipótesis no influye en el resultado final.

para cada país, China, Vietnam y Malaysia. La Figura 6 muestra un ejemplo de cálculo para el caso de Vietnam.



Figura 5. Itinerario de las bolsas de polipropileno entre el puerto de Le Havre y el lugar de almacenamiento (Mappy)

	Distancia en barco
China (Hong-Kong) → Le Havre	17 730 km
Vietnam (Ho Chi Minh) → Le Havre	16 200 km
Malaysia (Kelang) → Le Havre	14 700 km

Tabla 9. Distancia en barco entre países de Asia y Francia (SeaRates.com)



Figura 6. Cálculo de la distancia entre el puerto de Kelang (Malaysia) y el puerto de Le Havre (Francia). (SeaRates)

Dado la hipótesis de repartición de la producción de las bolsas entre los 3 países, se realizan en promedio:

$$17730 \cdot 0.2 + 16200 \cdot 0.7 + 14700 \cdot 0.1 = 16\,356 \text{ km de barco}$$

Para el consumo de energía primaria en China, Vietnam y Malaysia se consideran los datos de U.S Energy Information Administration (EIA) resumidos en la Tabla 10.

Fuente de energía	China 2011	Vietnam 2009	Malaysia 2011
Carbón	69%	23%	18%
Petróleo	18%	2%	39%
Gas	4%	43%	37%
Nuclear	1%	0%	0%
Hídrica	6%	32%	2%
Biomasa	0%	0%	4%
Energía renovable	2%	0%	0%

Tabla 10. Energía primaria en China, Vietnam y Malaysia (EIA, 2013 y 2014)

Transporte del lugar de almacenamiento hasta las tiendas

Después las bolsas se cargan en semirremolques de 33 paletas (llamadas también palets) en el suelo (dimensiones de una paleta: 80x120 cm) que viajan a Córcega en barco y llegan a diferentes puertos de la isla. Un semirremolque puede contener hasta 66 paletas y en promedio está lleno hasta 97%. (Easydis, febrero 2014, comunicación personal)

La sociedad CODIM 2 dispone de 11 tiendas Casino en Córcega (CODIM2; CASINO, sitio web). Cada tienda de la isla ordena de 1 hasta 5 paletas en función de su tamaño (Easydis, febrero 2014, comunicación personal). Se utiliza esta indicación para hacer una hipótesis de factor de importancia de las tiendas al momento de calcular las distancias de transporte presentadas en la Tabla 11 y 12.

	Tienda	Puerto de entrega	Distancia en barco (km)	Distancia en camión (km)	Factor de importancia
HYPER	Ajaccio	Ajaccio	329.66	5.3	5
	Bastia-Toga	Bastia	392.62	0.5	3
	Bastia-Furiani	Bastia	392.62	6.3	5
	Porto-Vecchio	Porto-Vecchio	455.59	3.2	3
SUPER	Calvi	Ile-Rousse	314.84	22.8	1
	Corte	Bastia	392.62	69.1	1
	Ghisonaccia	Porto-vecchio	455.59	57.9	1
	Ile Rousse	Ile-Rousse	314.84	1	1
	Montesoro	Bastia	392.62	5.5	1
	Porto-Vecchio	Porto-Vecchio	455.59	2	1
	Propriano	Propriano	372.25	1	1

Tabla 11. Datos para el cálculo de distancias de transporte hasta las tiendas

Se han evaluado las distancias de transporte rodeado con Google Maps y se ha considerado las distancias entre el puerto de Marsella y los puertos de Córcega facilitadas por la página web <http://mapage.noos.fr/croussel/div/lignes.html>.

	Distancia
Depósito de AIX EN PROVENCE → Puerto de Marsella	26.8 km
Depósito de VITROLLES → Puerto de Marsella	15.8 km
Puerto de Marsella → Puerto en Córcega (media)	383 km
Puerto en Córcega → Tienda (media)	10 km

Tabla 12. Resumen de las distancias consideradas para el transporte hasta las tiendas

El transporte por barco se realiza por las compañías SNCM y La Meridionale (Easydis, febrero 2014, comunicación personal). Sin embargo, estas dos sociedades tienen barcos mixtos (barcos que transportan tan pasajeros como camiones y semirremolques de bienes). Estos barcos tienen un espacio dedicado a los transportes de mercancías entre 1615 y 2500 metros lineales (Sncm; French Lines, sitios web consultados el 27/03/14). Dado que 1 metro lineal (unidad utilizada para la facturación del transporte) corresponde con un volumen de 100 cm x 240 cm x 200 cm (Ulisse Cnrs, sitio web consultado el 29/03/14), un semirremolque estándar más el tractor que mide 2.6 m x 16.5 m x 2.55 m (Ulisse Cnrs, sitio web) corresponde con 22.7 metros lineales. Es decir que según los barcos, se puede transportar entre 71 y 110 semirremolques de este tipo. Dado que, como se ha indicado previamente, las tiendas ordenan entre 1 y 5 paletas que viajan en un semirremolque que contiene 66 paletas (Easydis, febrero 2014, comunicación personal), las bolsas ocupan menos del 8% de un semirremolque sobre el número total de semirremolques que puede contener el barco. Este representa una parte ínfima (menos del 0.1%) de la cantidad de mercancías transportadas por el barco y por lo tanto se desprecia el impacto de las bolsas en la fase de transporte marítimo.

Fin de vida

Córcega está en contra a la incineración así que no hay incinerador en la isla. Las únicas soluciones posibles para el fin de vida de los productos son el vertedero o el reciclaje. Sin embargo, teniendo en cuenta la pequeña población de la isla y, por lo tanto, las cantidades limitadas de residuos, el reciclaje es reducido. Residuos recuperados gracias a la recogida selectiva están tratados por máquinas y enviados a Francia continental para ser reciclados.

En cuanto a los plásticos, estas máquinas permiten separar 3 tipos diferentes pero no los plásticos flexibles como las bolsas de un solo uso y las bolsas reutilizables de polipropileno. Es decir que la totalidad de estas bolsas van al vertedero (Syvadec, marzo 2014, comunicación personal). Sin embargo, antes de ir al vertedero, una gran parte de estas bolsas se reutilizan: las bolsas de solo uso en bolsas de basura y las bolsas reutilizables en polipropileno para el almacenamiento o el transporte de efectos personales.

De acuerdo con los consejos de un experto del Syvadec, se toma la hipótesis que un 20% de estas bolsas van al vertedero (porque se rompen, porque la gente ya tiene demasiado etc.) y que el 80%,

después de su uso primero para el transporte de compras entre las tiendas y la casa, tiene una segunda función. Para este 80%, se toma la hipótesis que el impacto está asignado a esta segunda función y por lo tanto el impacto en relación con la unidad funcional considerada en este trabajo es nulo.

En cuanto a las bolsas de papel, están muy poco recicladas (Syvadec, marzo 2014, comunicación personal) por el hecho de que la gente les utiliza para el transporte de otros bienes o para tirar la basura porque son muy resistentes y tienen el tamaño ideal para llevar fácilmente cosas pesadas. Se observa muy pocas bolsas en los contenedores de recogida selectiva del papel. Considerando la información cualitativa dada por el Syvadec y el hecho de que actualmente un 8% de los residuos domésticos están reciclados aunque el resto va a vertedero (Office de l'Environnement de Corse, 2012), se toma la hipótesis que, como para las bolsas de plástico, un 80% tiene un segundo uso (impacto asociado nulo), que el 8% se recicla en el continente y que el 12% va al vertedero. La Tabla 13 resume las hipótesis de repartición de las bolsas en fin de vida.

	Bolsa de un solo uso en polietileno	Bolsa reutilizable en polipropileno	Bolsa reutilizable en papel
Reciclaje	0%	0%	8%
Vertedero	20%	20%	12%
Segunda función	80%	80%	80%

Tabla 13. Fin de vida de las diferentes bolsas

Después, los residuos hacen entre 30 y 40 km en promedio en camiones de 8m³, 16 m³ o 30 m³ antes del tratamiento (Syvadec, marzo 2014, comunicación personal). En promedio, se transporta 10 toneladas por camión. Para las bolsas de papel recicladas que van a Francia continental, se considera que el impacto producido por la vuelta a Francia se asigna al segundo uso de las bolsas recicladas (corresponde con el origen de las materias primas para el usuario siguiente) y por lo tanto no se toma en cuenta en este estudio.

3.1.2.2. Ciclo de vida de las bolsas

Para cada bolsa, se considera las etapas siguientes en su ciclo de vida:

- Producción de las materias primas
- Fabricación de la bolsa con la materia prima e impresión
- Transporte
- Uso
- Fin de vida

Las figuras A, B y C representan los ciclos de vida de las 3 bolsas de compras estudiadas.

La bolsa de un solo uso en polietileno (Figura A) se produce con gránulos de polietileno (PE) a partir de la explotación del petróleo, con pigmento blanco que permite obtener una bolsa que no sean transparente, con pegamento y tinta para la impresión. Todas estas materias primas se transportan desde su lugar de producción hasta el lugar de producción de la bolsa. Mediante la electricidad del país de producción (en este caso, Malaysia) se fabrica la bolsa por extrusión del polietileno e impresión del diseño de la bolsa. Después de su producción, la bolsa se transporta desde Malaysia hasta Francia, en barco y en semirremolques. Se almacena en un depósito antes de ser transportada en Córcega y distribuidas en las tiendas. Una vez utilizadas por los consumidores para llevar las compras a casa, la bolsa se reutiliza en el 80% de los casos para otra función, como por ejemplo como bolsa de basura, y el 20% que queda se va al vertedero mediante los medios de recogida de residuos.

La bolsa reutilizable de papel (Figura B) se produce a partir de residuos de papel y aserrín que se transportan hasta el lugar de producción del papel. También se necesita la producción de pegamento y de tinta para la impresión. La producción de la bolsa se realiza en Alemania mediante el consumo de energía producida en este país. Como las bolsas de un solo uso, después de su producción, la bolsa de papel se transporta hasta Francia. Desde Alemania solo se necesita un transporte en semirremolque hasta el lugar de almacenamiento. Después de su transporte hasta Córcega y distribución en las tiendas, las bolsas se utilizan una o varias veces por los consumidores para llevar las compras a casa. Después de estas utilidades, la bolsa se reutiliza en el 80% de los casos para otra función, en el 12% se va al vertedero y en el 8% se recicla.

La bolsa reutilizable de polipropileno tejido (Figura C) se produce con polipropileno (PP) a partir de la explotación del petróleo, al cual se añade pigmento blanco para obtener una bolsa que no sea transparente y tinta para la impresión. Al contrario de la bolsa de un solo uso, no se necesita pegamento porque la bolsa se produce mediante tejido. Todas las materias primas se transportan desde su lugar de producción hasta el lugar de producción de la bolsa. Mediante la electricidad del país de producción (Malaysia, China y Vietnam) se fabrica la bolsa por tejido de hilos de polipropileno e impresión del diseño de la bolsa. Después de su producción, la bolsa se transporta desde el país de producción hasta Francia, en barco y en semirremolques. Se almacena en un depósito antes de ser transportada en Córcega y distribuida en las tiendas. Una vez utilizada una o varias veces por los consumidores para llevar las compras a casa, la bolsa se reutiliza en el 80% de los casos para otra función y el 20% que queda se va al vertedero mediante los medios de recogida de residuos.

Figura A: Ciclo de vida de la bolsa de un solo uso en PE

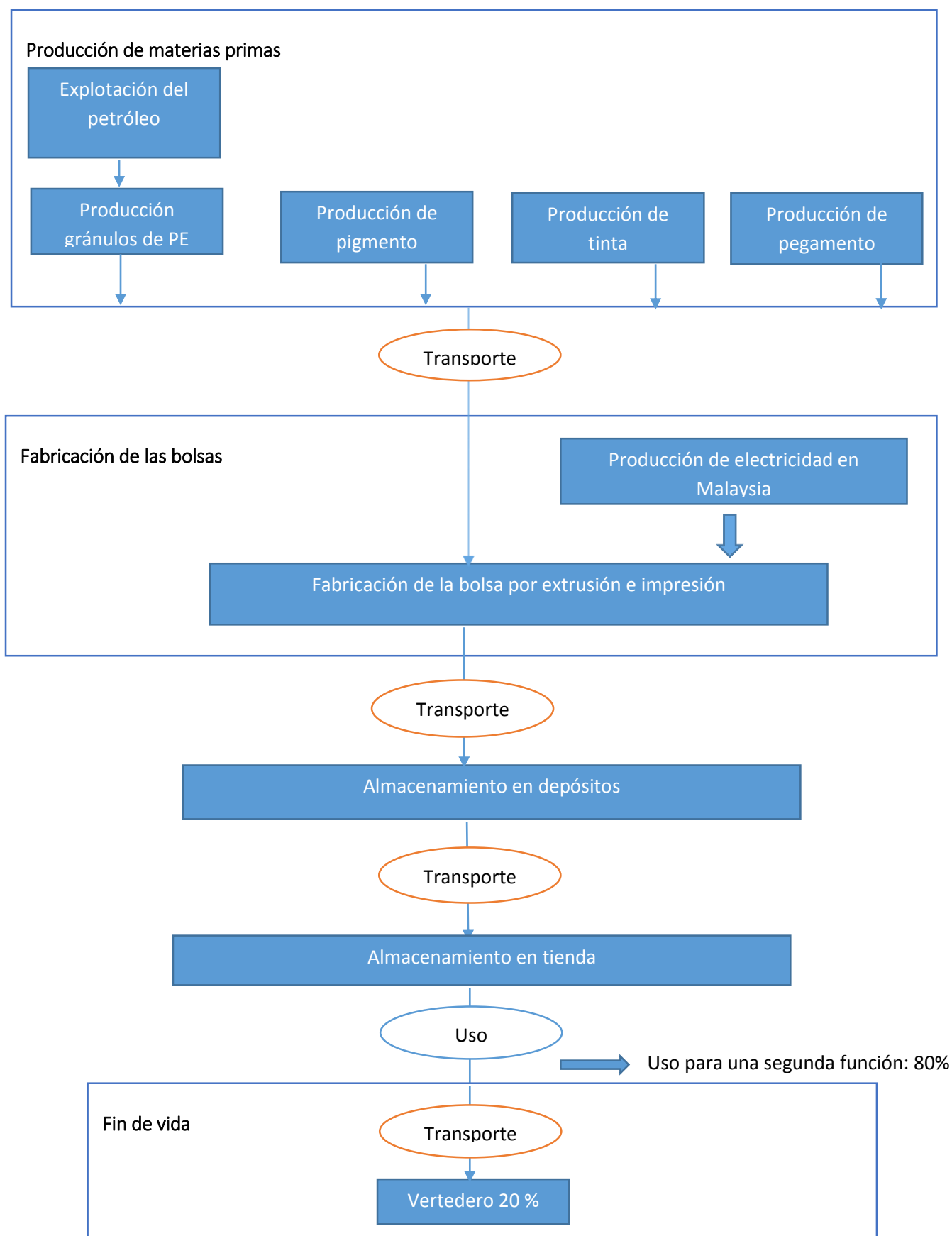


Figura B: Ciclo de vida de la bolsa reutilizable de papel

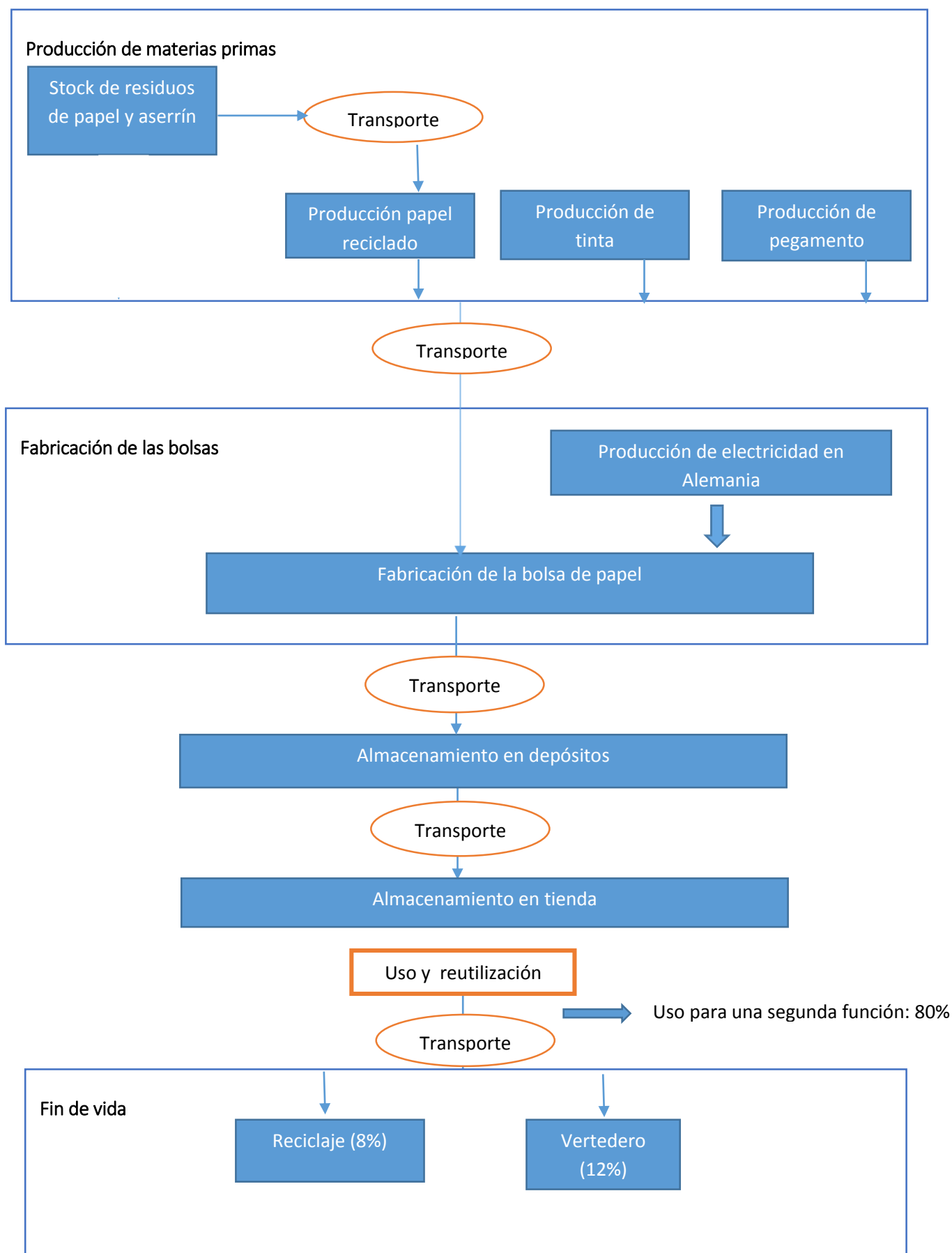
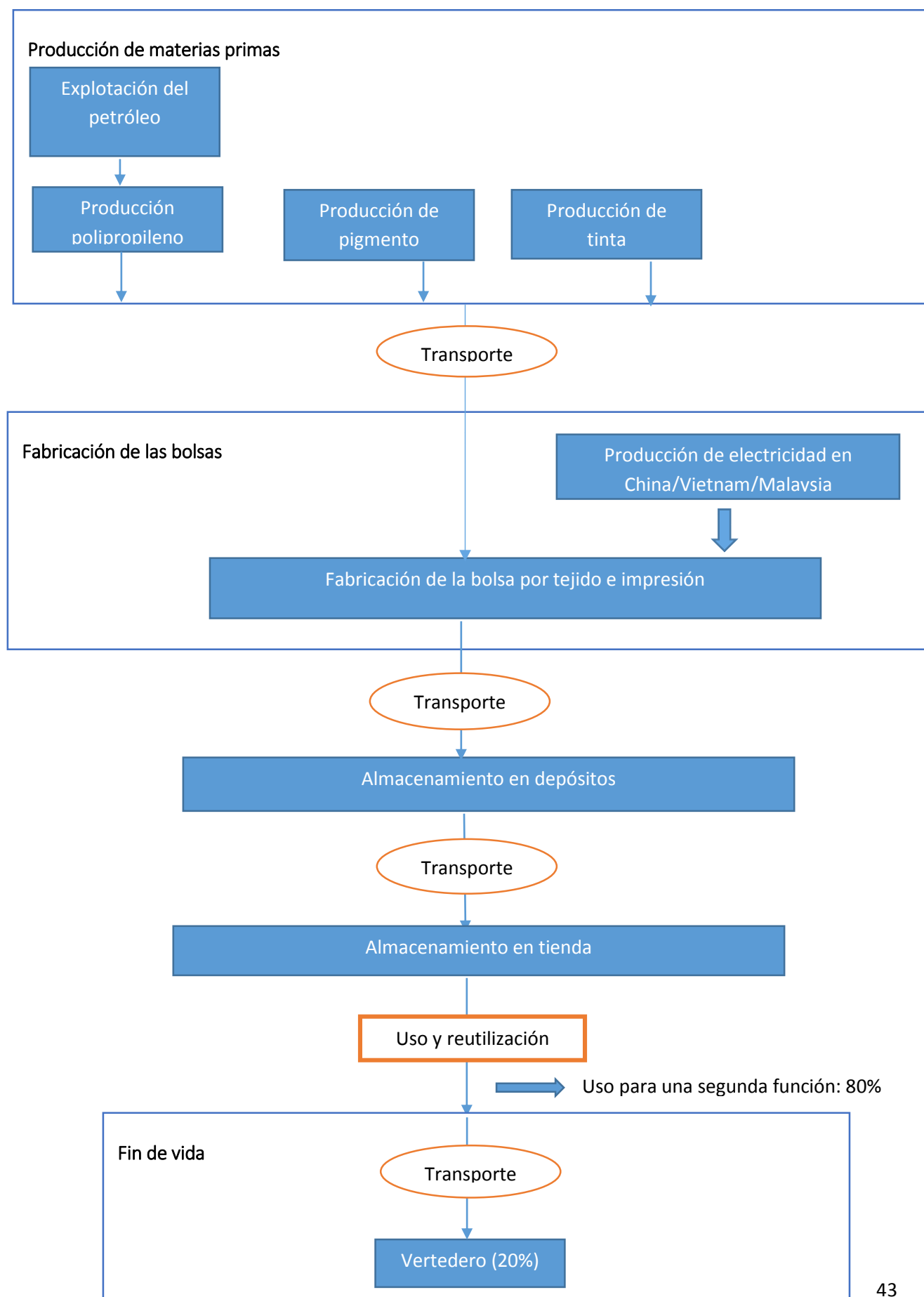


Figura C: Ciclo de vida de la bolsa reutilizable de PP tejido



3.2. USO DEL SOFTWARE SIMAPRO

3.2.1. Modelización de las bolsas

En este apartado se describe y justifica la metodología de modelización de los datos del inventario en SimaPro.

En el programa existen dos tipos de procesos:

- el tipo “production” que corresponde con el proceso en su mismo con sus emisiones, consumos de materias, energías etc.
- el tipo “market” que además de los datos considerados en el tipo “production” considera datos de transporte en función del mercado.

Por lo tanto, en este trabajo, se utilizan procesos de tipo “production” y se añade las fases de transporte descritas en el inventario para tener una modelización más precisa.

Cuando se trata de un proceso realizado en Europa o de un material que viene de europea, se utilizan funciones de tipo {RER} que corresponden con datos europeos. En el caso contrario, se utilizan funciones de tipo {RoW} que corresponden con datos del resto del mundo (*Rest of the World*). El tipo {GLO} corresponde con datos globales.

3.2.1.1. Materias primas

Los materiales principales de las diferentes bolsas se han modelado como presentado en la Tabla 14.

Bolsa	Composición
Polietileno	<i>Polyethylene, high density, granulate {RoW} production Alloc Def, U</i>
Papel	<i>Kraft paper, unbleached {RER} production Alloc Def, U</i>
Polipropileno	<i>Polypropylene, granulate {RoW} production Alloc Def, U</i> <i>Nylon 6 {RoW} production Alloc Def, U</i>

Tabla 14 : Modelización de las bolsas

Pigmento

El pigmento necesario para la impresión de las diferentes bolsas se compone de Dióxido de titano, modelado por el material *Titanium dioxide {RoW}| production, chloride process | Alloc Def, U*.

Tintas

La Tabla 15 describe la modelización de las diferentes tintas.

Composición		Modelización
Bolsa de polietileno	30% resina de poliamida 70% de etanol	<i>Ethanol, without water, in 99.7% solution state, from ethylene {RoW} ethylene hydration Alloc Def, U</i> <i>Polyester resin, unsaturated {RoW} production Alloc Def, U</i>
Bolsa de papel	15% de pigmentos 15 % de resina acrílica 68 % de agua 2 % de etanol	15% <i>Pigmento de la bolsa de solo uso</i> 15% <i>Polyester resin, unsaturated {RoW} production Alloc Def, U</i> 68% <i>Tap water, at user {RoW} tap water production and supply Alloc Def, U</i> 2% <i>Ethanol, without water, in 99.7% solution state, from ethylene {RoW} ethylene hydration Alloc Def, U</i>
Bolsa de polipropileno	30% resina de poliuretano 70% de etanol	<i>Ethanol, without water, in 99.7% solution state, from ethylene {RoW} ethylene hydration Alloc Def, U</i> <i>Polyester resin, unsaturated {RoW} production Alloc Def, U</i>

Tabla 15. Modelización de las tintas

Como no existen en SimaPro datos sobre resina acrílica y resina de poliuretano, se han modelado con resina de poliéster que es parecida.

Pegamentos

El pegamento necesario para la producción de bolsas de polietileno es el pegamento Hot Melt. Este mismo pegamento se utiliza para la producción de bolsas de papel que se compone de 20% de almidon, 20% de vinilo y 60% de Hot Melt y se modeliza con los materiales siguientes:

- 10 % Maize starch {RoW}| production | Alloc Def, U
- 10% Potato starch {RoW}| production | Alloc Def, U
- 20% Vinyl acetate {RoW}| production | Alloc Def, U
- 60% Hot Melt

Por falta de información precisa sobre el tipo de almidón utilizado, se modela por almidón de maíz y almidón de patata que son los dos tipos de almidón disponibles en el programa.

Como no existe el material “Hot melt” en Simapro, aunque que es un pegamento muy utilizado en el mundo, es necesario crearlo. Existen varios tipos de pegamento Hot Melt con diferentes productos de

base y diferentes proporciones de cera y de resina en función de las propiedades necesarias y del tipo de material a pegar. Estas composiciones precisas nunca son reveladas por los fabricantes, por lo tanto es necesario hacer unas hipótesis. Considerando las informaciones proporcionadas por SpecialChem4Adhesives.com, un sitio web dedicado a Adhesivos y Selladores y dado que el pegamento Hot Melt más popular es con base de Ethylene-vinyl-acetate copolymere (EVA), se toma la hipótesis que se compone de 40% de EVA, 35% de resina adherente y de 25% de cera. (SpecialChem4Adhesives, sitio web consultado el 14/04/14). Según la misma fuente de información, la cera más utilizada es con base de parafina y la resina puede ser una resina fenólica. La modelización del pegamento Hot Melt está resumida en la Tabla 16.

Componente	Porcentaje	Modelización en SimaPro
EVA	40%	<i>Ethylene vinyl acetate copolymer {RoW} production Alloc Def, U</i>
Resina fenólica	35%	<i>Phenolic resin {RoW} production Alloc Def, U</i>
Parafina	25%	<i>Paraffin {RoW} production Alloc Def, U</i>

Tabla 16. Composición y modelización del pegamento Hot Melt

3.2.1.2. Procesos de fabricación e impresión

Procesos de fabricación

Los procesos de fabricación utilizados para modelar la producción son *Extrusion, plastic film {RoW}| production | Alloc Def, U* para las bolsas de polietileno, *Weaving, bast fibre {RoW}| processing | Alloc Def, U* para las bolsas de polipropileno tejido. El proceso fabricación de las bolsas de papel es la fabricación del papel antes de la aplicación del pegamento lo que está incluido por el programa SimaPro en el material *Kraft paper, unbleached {RER}| production | Alloc Def, U*.

Estos procesos se definen con datos del mercado de Europa (proceso tipo {RER}) o el mercado global excepto Europa (procesos tipo {RoW}). Para tomar en cuenta el lugar preciso de producción, es necesario relacionar el consumo de energía con el mix energético del país productor. Por eso, se han modificado estos procesos realizando la suma de todas las cantidades de energía consumida en los diferentes países (datos de la base Ecoinvent) y asignando este valor global solo a los mix energéticos de los países productores de las bolsas consideradas. Se realiza esta modificación para los 3 procesos citados en este apartado. Para la fabricación de las bolsas de polipropileno que se realizan entre China, Malaysia y Vietnam, el valor global obtenido se reparte entre los 3 países según los datos del inventario.

El mix energético alemán utilizado es el de la base Ecoinvent incluido en el programa *Electricity, medium voltage {DE}| market for | Alloc Def, U*. Para los mix energéticos de China, Malaysia y Vietnam, se ha creado los procesos según los datos expuestos la Tabla 10, utilizando los procesos siguientes:

- Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U
- Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, oil | Alloc Def, U
- Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, natural gas, at conventional power plant | Alloc Def, U
- Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, nuclear, pressure water reactor | Alloc Def, U
- Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, hydro, reservoir, non-alpine region | Alloc Def, U
- Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, wind, >3MW turbine, onshore | Alloc Def, U
- Electricity, biomass, at power plant/US

La parte de energía renovable en China se ha modelado con energía eólica, mayor fuente de energía renovable en el país.

Impresión

Dado que ya se han considerados y modelados las tintas, el proceso de impresión para cada bolsa solo se refiere a un consumo de energía eléctrica. El valor preciso de este consumo depende del equipamiento utilizado, del tipo de impresión (uno o varios colores), del tamaño de la superficie impresa y del material de la bolsa.

Frente a la imposibilidad de obtener datos por las empresas que fabrican las diferentes bolsas estudiadas, se ha tomado las hipótesis siguientes:

- Para la bolsa de papel, un estudio previo mostró que la etapa de impresión tiene un impacto muy bajo en comparación con el resto del ciclo de vida del producto (ECOBILAN, 2008). Por lo tanto, se desprecia el consumo energético asociado en el presente trabajo.
- Para la bolsa de plástico de un solo uso en polietileno y la bolsa reutilizable en polipropileno, se desprecia también el consumo de energía durante la impresión. En efecto, la impresión de una bolsa de polietileno de 0.78 m² de superficie consume 0.024 MJ (ECOBILAN, 2008) es decir 6.7 Wh. En comparación, la impresión de la bolsa de solo uso de 6g de polietileno, más pequeña, o de la bolsa de polipropileno de 0.64 m² de superficie, consumiría menos energía eléctrica. Dado que los procesos de fabricación de estas bolsas consumen respetivamente 660 Wh y 744 Wh de energía eléctrica, el proceso de impresión representaría al máximo un aumento del 1% del consumo.

3.2.1.3. Transporte

Por falta de información más precisa, la modelización del transporte de las materias primas se realiza mediante los procesos genéricos siguientes:

- *Transport, freight, lorry, unspecified {RER} | size-specific lorry transport to generic market for lorry transport | Alloc Def, U* para el papel producido en Alemania;
- *Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} | market for | Alloc Def, U* para las materias primas producidas en Asia.

Las fases de transporte de las bolsas producidas se realizan en barco (para ir de Asia a Francia) y en semirremolque en Francia. En el programa, se utilizan los procesos siguientes:

- *Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO} | market for | Alloc Def, U*
- *Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {GLO} | market for | Alloc Def, U*

Estas funciones de transporte se expresan en tkm es decir en toneladas por km. El peso transportado inducido por cada bolsa depende de la manera de transportar las bolsas. Las bolsas se cargan en cartones y después en paletas de dimensiones 80x120 cm para ir en los camiones (Easydis, comunicación personal). La Tabla 17 presenta los detalles de cálculo.

Tipo de bolsa	Bolsa de polipropileno	Bolsa de papel
Peso de una bolsa	80 g	48 g
Numero de bolsas por paleta (Fuente CODIM2)	3000	5600
Peso de una paleta (Fuente EPAL)	25	25
Numero de cartones por paleta	20	28
Peso de un cartón (hipótesis)	0.5 kg	0.5 kg
Peso total por paleta	275 kg	308 kg
Peso asignado a una bolsa (peso total por paleta / número de bolsas por paleta)	92 g	55 g

Tabla 17. Paletización de las bolsas para el transporte

Se utilizan estos pesos, respectivamente 92 g y 55 g por las bolsas de polipropileno y de papel, para calcular los tkm de transporte en cada etapa.

Para las bolsas de polietileno, no son disponibles los datos de paletización porque hace más de 10 años que no se utilizan en Córcega. Sin embargo, dado el poco peso de estas bolsas (6g) y su poco espesor, el número de bolsas por paleta sería tan elevado que el peso de la paleta y de los cartones asignado a una bolsa sería casi nulo. Por lo tanto, se considera el valor de 6 g para estimar los tkm de transporte.

3.2.1.4. Fin de vida

La etapa de fin de vida consiste en unos 30 km de transporte en camión de recogida modelados con la función *Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {GLO}| market for | Alloc Def, U*.

Los tratamientos de fin de vida se han modelado con las funciones presentadas en la tabla 18.

Tratamiento	Modelización
Vertedero (Plástico)	<i>Landfill of plastic waste EU-27</i>
Vertedero (Papel)	<i>Landfill of paper waste EU-27</i>
Reciclaje del papel	<i>Paper (waste treatment) {GLO} recycling of paper Alloc Def, U</i>
Segunda vida (impacto nulo)	<i>DummyWasteScenario</i>

Tabla 18. Modelización de los tratamientos de fin de vida

La función *DummyWasteScenario* corresponde con una asignación de impacto nulo. A partir de estos tratamientos se han creados los escenarios de fin de vida conformes con los datos presentados en la Tabla 13 del inventario.

3.2.2. Elección del método de análisis de impacto

El resultado del inventario de datos obtenido con SimaPro es una larga lista de emisiones y consumos de recursos. Para interpretar esta lista, existen varios métodos implementados en SimaPro presentados en la parte *Antecedentes*, y entre ellos el método ReCiPe es el que tiene más consenso actualmente.

El método ReCiPe permite obtener resultados a los dos niveles Mid-Point (con 18 indicadores) y End-Point (con tres indicadores). Los indicadores Mid-Point de ReCiPe presentados en la Tabla 19 corresponden con emisiones y consumos de recursos que se pueden relacionar entre ellos y clasificar en unas categorías de impactos expresos en una misma unidad.

Al contrario, los indicadores End-Point, que se obtienen a partir de los indicadores Mid-Point mediante unas hipótesis y unos factores representando los mecanismos ambientales relacionados, son más fáciles de entender pero tienen una gran incertidumbre (ReCiPe Website). Son:

- Damage to Human Health;
- Damage to Ecosystem Species;
- Damage to Resources Availability.

La Figura 7 resume el esquema de cálculo de los indicadores.

Categoría de impacto	Unidad
Ozone depletion	kg CFC-11 eq
Human toxicity	kg 1,4-dichlorobenzene eq
Ionizing radiation	kg Uranium 235 eq
Photochemical oxidant formation	kg NMVOC
Particulate matter formation	kg PM ₁₀ eq
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq
Climate change	kg CO ₂ eq
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-dichlorobenzene eq
Agricultural land occupation	m ² *yr
Urban land occupation	m ² *yr
Natural land transformation	m ² *yr
Marine ecotoxicity	kg 1,4-dichlorobenzene eq
Marine eutrophication	kg N to freshwater eq
Freshwater eutrophication	kg P to freshwater eq
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-dichlorobenzene eq
Fossil fuel depletion	kg oil eq
Minerals depletion	kg Fe eq
Fresh water depletion	m ³

Tabla 19. Categorías de impacto - Método Recipe Midpoint (Pré, 2013)

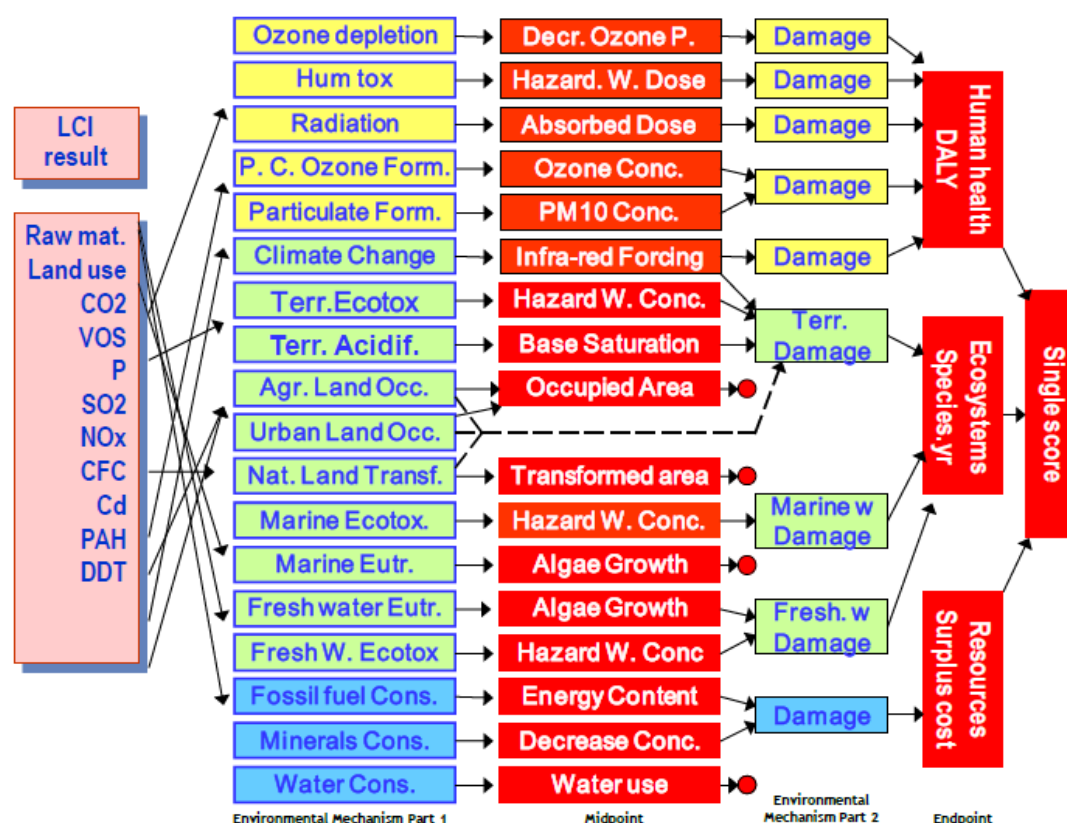


Figura 7. Relación entre los resultados del inventario, los indicadores Mid-Point y End-Point (Goedkoop, M., et al, 2009)

Dado la incertidumbre que existe con los indicadores End-Point, se utiliza el método Mid-Point que además son más concretos y por eso facilitan la interpretación al momento de comparar diferentes alternativas, como, en este caso, varios tipos de bolsas de compra.

El método ReCiPe se basa en factores de caracterización para obtener los resultados para cada categoría de impacto. Estos factores varían en función de la perspectiva cultural elegida entre las tres siguientes (Goedkoop, M., et al, 2009):

- (I) Individualista: a corto plazo, considera que la tecnología puede evitar muchos problemas en el futuro.
- (H) Jerarquita: modelo de consenso, se considera como el modelo por defecto.
- (E) Igualitaria: a largo plazo, basada en el principio de precaución.

Por lo tanto, en este trabajo, los resultados se obtienen mediante el programa SimaPro con el método ReCiPe 2008 Mid-Point (H).

4. Resultados

4.1. IMPACTO DE CADA BOLSA

Este apartado presente los resultados de análisis del ciclo de vida de cada bolsa con el objetivo de cuantificar los impactos ambientales e identificar qué etapas concentran los impactos principales. Los resultados de la etapa de “Caracterización” se expresan en las diferentes unidades presentadas en la Tabla 19. La “Normalización”, que se realiza en base a la población mundial tras factores de normalización incluidos en el modelo ReCiPe 2008, facilita los resultados de las diferentes categorías de impactos expresados en misma escala con un valor de referencia y, por lo tanto, revela la importancia relativa de cada impacto.

4.1.1. Bolsa de un solo uso en polietileno

Los resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de solo uso en polietileno presentados en la Figura 8 muestran que para todos los indicadores, el 80% del impacto se debe a la bolsa, es decir sus diferentes componentes y su fabricación. La fase de transporte de Asia hasta Córcega y la etapa de fin de vida tienen un impacto bajo (siempre menos del 15%).

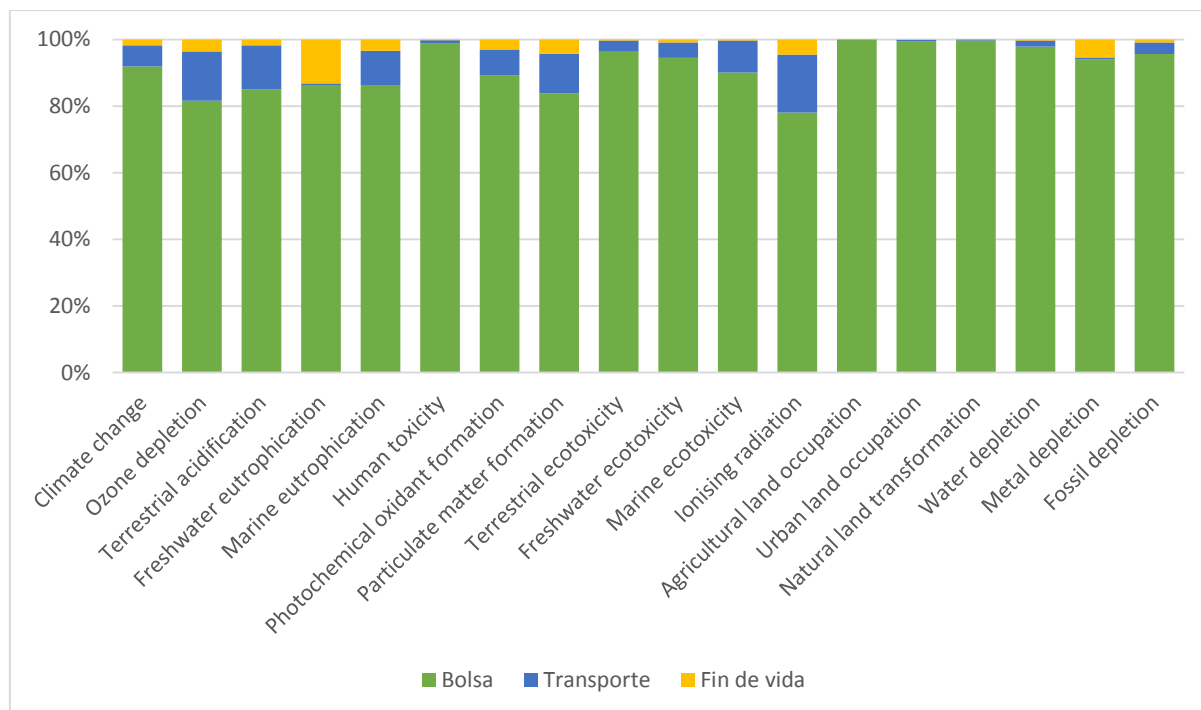


Figura 8. Resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de un solo uso (Caracterización)

Al observar los resultados normalizados presentados en la Figura 9, se determina que las categorías de mayor impacto ambiental son:

- el agotamiento de fósil;
- la ecotoxicidad marina;
- la toxicidad humana;
- la eutrofización del agua dulce;
- El cambio climático.

Para estos indicadores, el impacto de las etapas de transporte y fin de vida es muy bajo. Solo es relevante por la eutrofización del agua dulce que se debe por 13% a la etapa de fin de vida (Vertedero) y por la ecotoxicidad marina que se debe por 10% a la etapa de transporte del lugar de producción hasta el lugar de consumo.

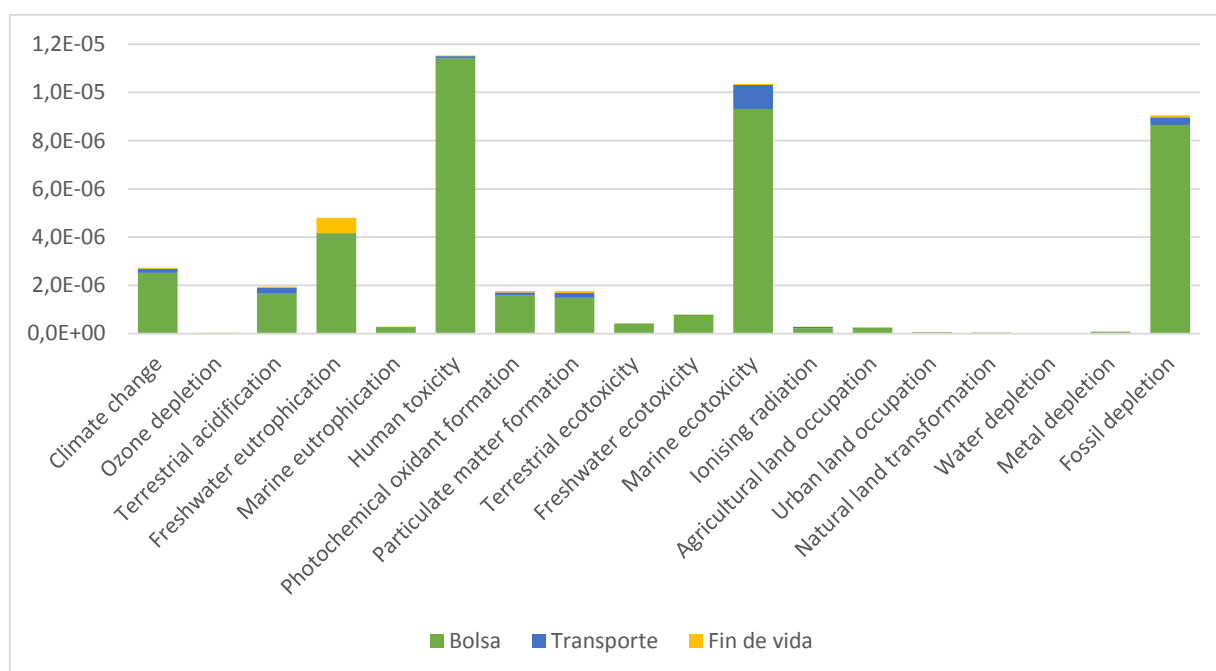


Figura 9. Resultados normalizados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de un solo uso

Para determinar qué proceso o componente de la bolsa es lo más impactante se analizó en detalle su impacto. Los resultados presentados en las Figuras 10 y 11 muestran que los componentes que inducen el mayor impacto son:

- la bolsa de polietileno en su mismo (materias primas y fabricación) para el cambio climático (92% del impacto), el agotamiento fósil (97%) y parte de la eutrofización del agua dulce (58 %);
- el pigmento TiO_2 (utilizado para la impresión) para la eutrofización del agua dulce (39%), la toxicidad humana (86%) y la ecotoxicidad marina (84%).

La tinta y el pegamento tienen un impacto muy bajo o cuasi nulo para todos los indicadores.

El consumo de polietileno, plástico hecho con petróleo, y el proceso de extrusión (consumo de energía) son responsables de la mayor parte de los impactos relacionados con el cambio climático (85%) y el agotamiento fósil (93%).

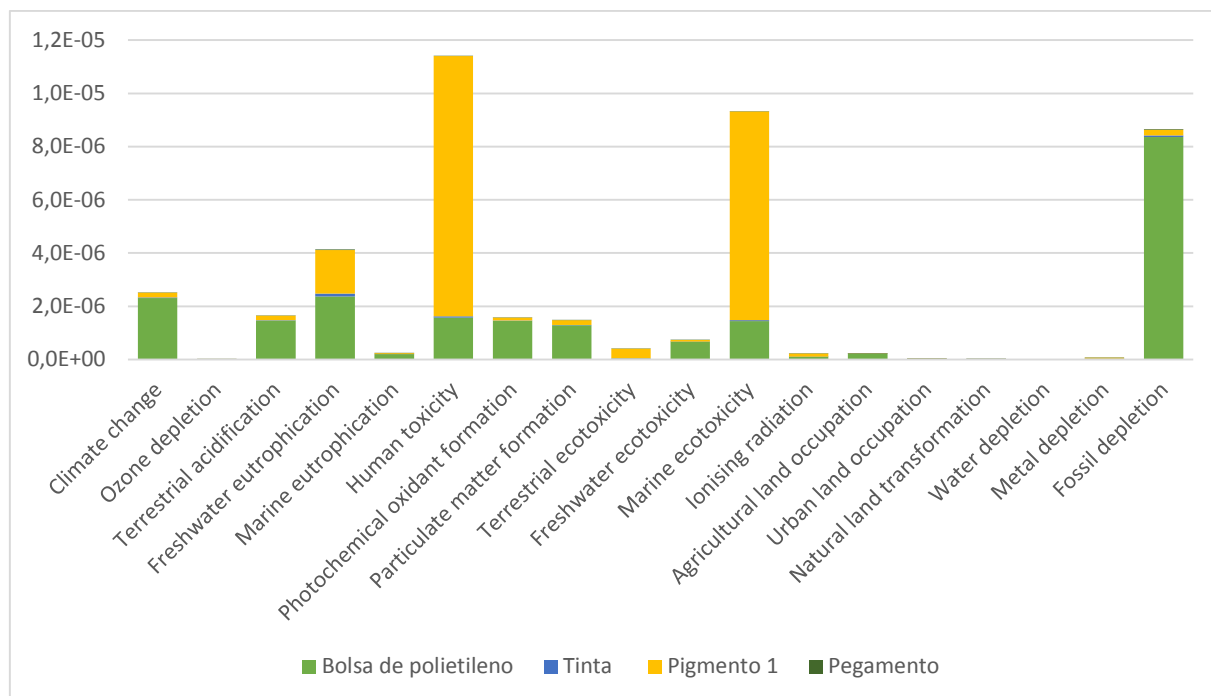


Figura 10. Resultados normalizados del análisis de impacto de los componentes de la bolsa de un solo uso

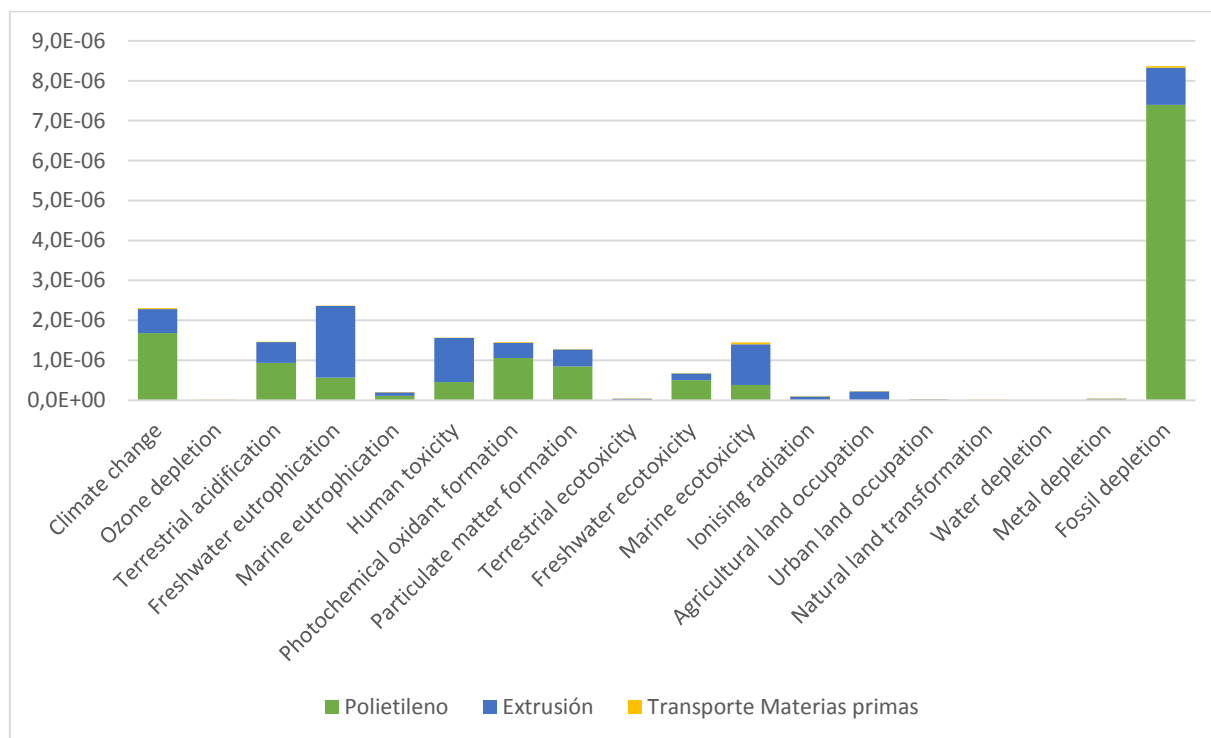


Figura 11. Resultados normalizados del análisis de impacto de la bolsa de polietileno (Fabricación y materias primas)

Los porcentajes se calculan con los valores disponibles en las Tablas 1, 2 y 3 del Anexo 1.

4.1.2. Bolsa reutilizable en papel

Los resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de papel presentados en la Figura 12 muestran que, como para la bolsa de un solo uso, la mayoría del impacto se debe a la bolsa, es decir sus diferentes componentes y su fabricación, para la mayoría de los indicadores. Los impactos debidos al transporte de Alemania hasta Córcega son muy bajos, representan siempre menos del 10% del impacto. La etapa de fin de vida tiene impactos negativos y positivos porque parte de las bolsas se reciclan. El reciclaje induce impactos negativos, es decir impactos evitados, por eso en los gráficos aparecen valores negativos y se reduce el impacto total de la bolsa.

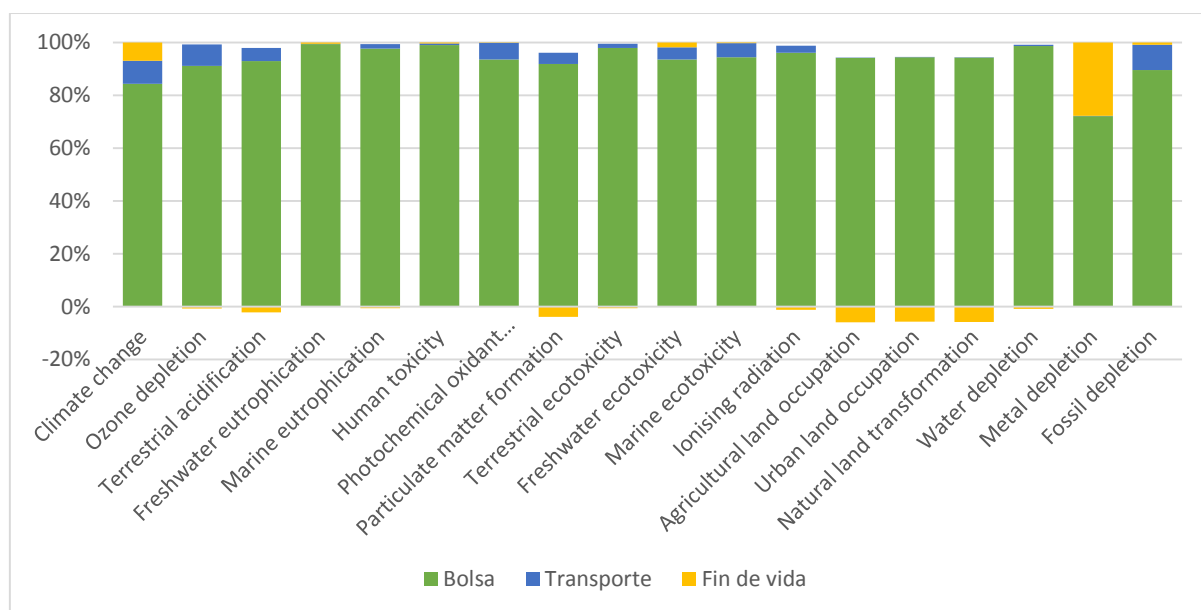


Figura 12. Resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de papel (Caracterización)

La Figura 13 que presenta los resultados normalizados muestra que las categorías de mayor impacto son:

- la eutrofización del agua dulce;
- la toxicidad humana;
- la ecotoxicidad marina;
- la ocupación de tierra agrícola.

Además, se observa que la etapa de fin de vida induce un impacto positivo, es decir una reducción del impacto debido al reciclaje del 8 % de las bolsas. Sin embargo esta reducción es mínima: solo disminuye del 6.6% la ocupación de tierra agrícola.

La mayoría del impacto para todos los indicadores resulta de la bolsa de papel (la materia prima sus componentes y su fabricación).

ACV de bolsas de compra. Aplicación a Córcega.
Análisis del cambio de bolsas de un solo uso por alternativas reutilizables

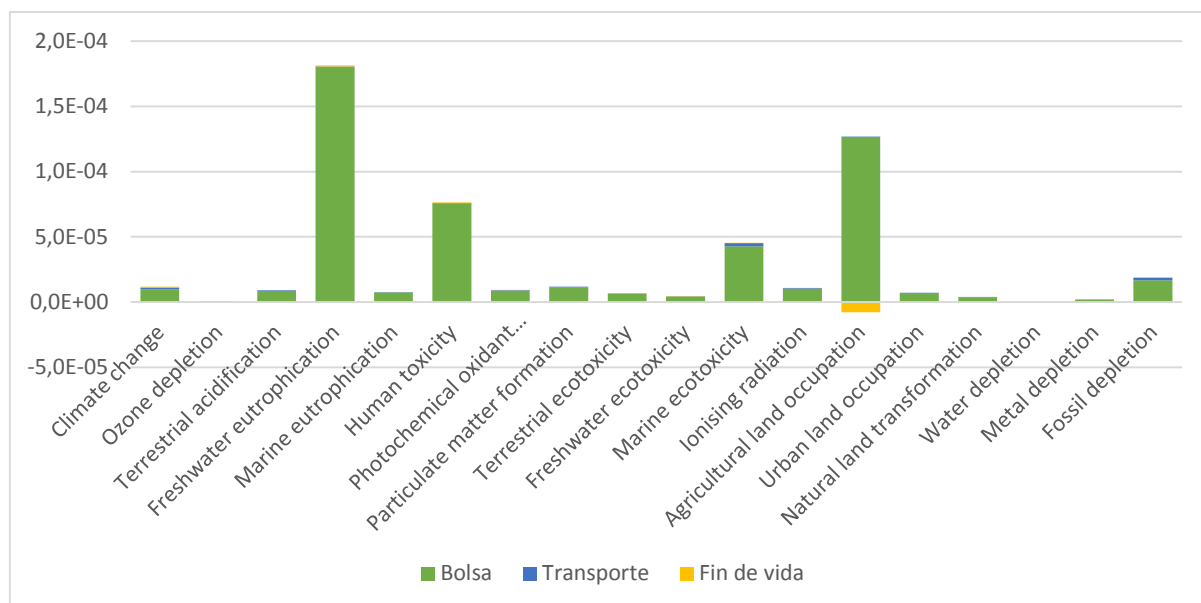


Figura 13. Resultados normalizados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa de papel

Los resultados del análisis de impacto de la bolsa con el detalle de los componentes presentados en la Figura 14 muestran que:

- el pegamento tiene un impacto muy bajo;
- la tinta tiene un impacto del orden 24% en términos de toxicidad humana y del 30% en términos de toxicidad humana;
- la bolsa constituida de papel kraft induce la mayoría de los impactos.

Los porcentajes se calculan con los valores disponibles en las Tablas 4, 5 y 6 del Anexo 1.

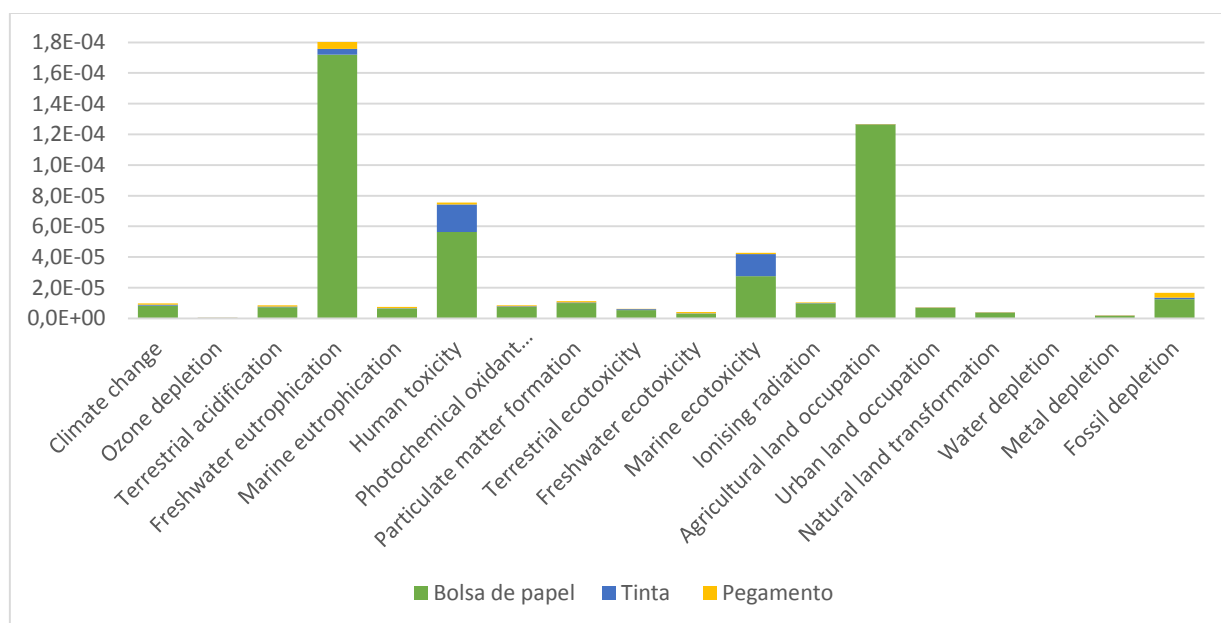


Figura 14. Resultados normalizados del análisis de impacto de la bolsa de papel

4.1.3. Bolsa reutilizable de polipropileno

Los resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa reutilizable de polipropileno presentados en la Figura 15 muestran que para todos los indicadores, la mayoría del impacto se debe a la bolsa (componentes y fabricación). Como para los otros tipos de bolsa, la fase de fin de vida tiene un impacto bajo, que representa siempre menos del 10% del impacto de la categoría. Sin embargo, para esta bolsa reutilizable, la fase de transporte de Asia hasta Córcega tiene un impacto más alto que para las otras bolsas estudiadas. Los resultados normalizados disponibles en la Figura 16 muestran que el transporte puede representar hasta el 21% para el indicador Ecotoxicidad marina contra el 10 % para la bolsa de solo uso. Esta diferencia se puede justificar por el mayor peso de la bolsa reutilizable (80g) en comparación con la bolsa de solo uso (6g) (el transporte de la bolsa de papel tiene un impacto muy bajo porque se fabrica en Alemania y por lo tanto la distancia es menor).

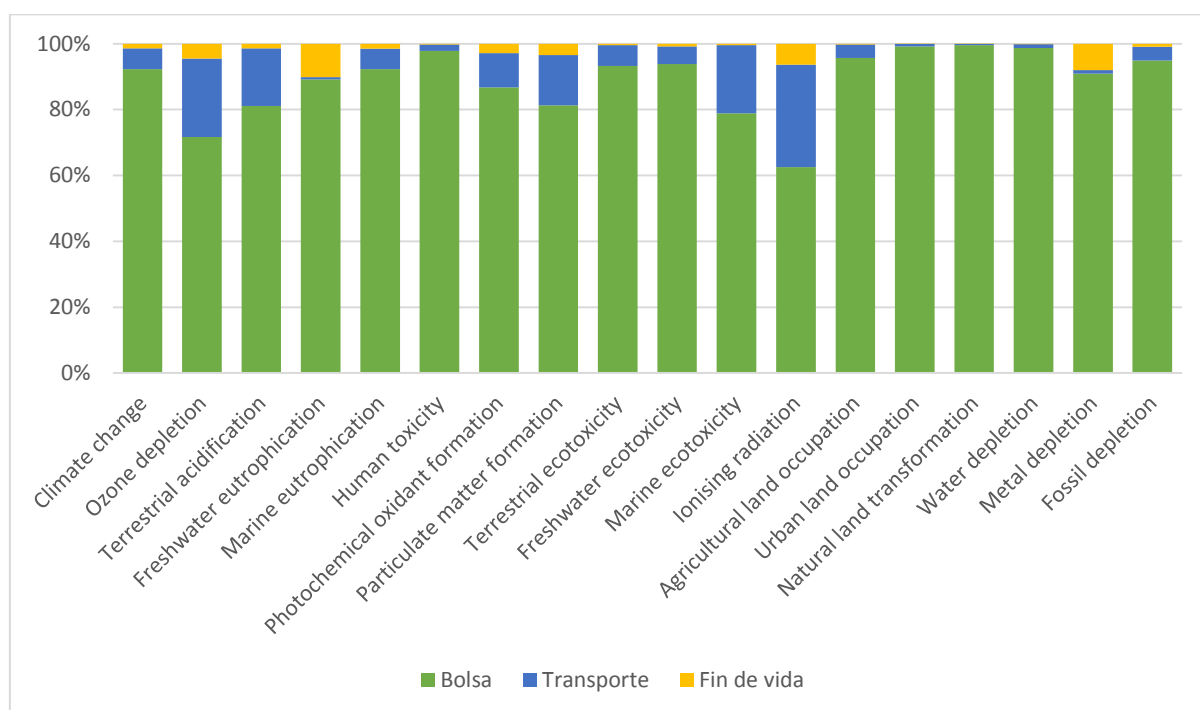


Figura 15. Resultados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa reutilizable de polipropileno (Caracterización)

Para esta bolsa, las categorías de mayor impacto son (Figura 16):

- el agotamiento fósil;
- la eutrofización del agua dulce;
- la toxicidad humana;
- la ecotoxicidad marina;
- el cambio climático.

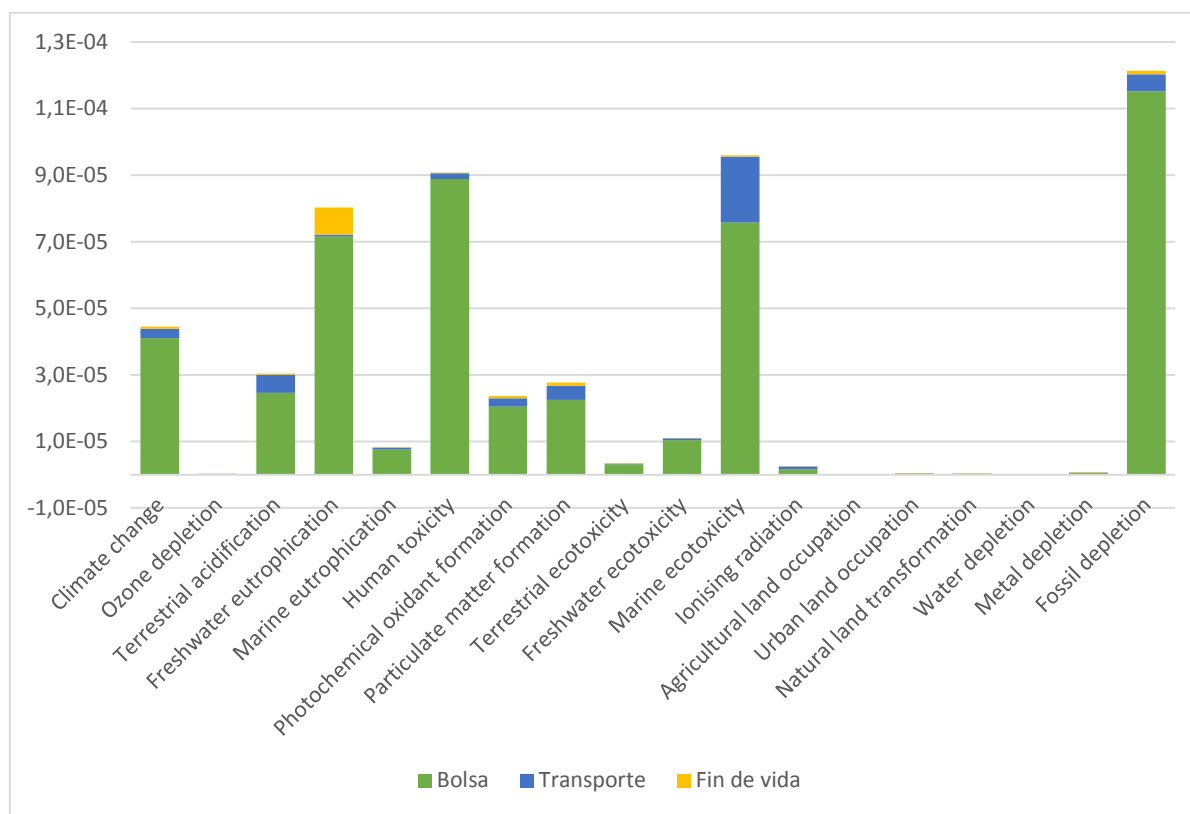


Figura 16. Resultados normalizados del análisis de impacto del ciclo de vida de la bolsa reutilizable de polipropileno

Los resultados de análisis de impacto de la bolsa con el detalle de los componentes y procesos presentados en las Figuras 17 y 18 muestran que:

- Como para la bolsa de un solo uso, el pigmento TiO_2 induce impactos importantes que representan el 15% de la eutrofización del agua dulce, el 82% de la toxicidad humana y el 62% de la ecotoxicidad marina;
- La tinta y el transporte de las materias primas hasta el lugar de fabricación tienen un impacto muy bajo;
- La bolsa polipropileno induce la cuasi totalidad de los impactos en términos de cambio climático y agotamiento fósil. Este resulta por el consumo de plásticos que derivan del petróleo, el polipropileno y el Nylon, responsables del 75% de los impactos totales para el cambio climático y del 86% para el agotamiento fósil;
- El proceso de tejido tiene principalmente un impacto sobre la eutrofización del agua dulce (42% del impacto total en esta categoría).

Los porcentajes se calculan con los valores disponibles en las Tablas 7, 8 y 9 del Anexo 1.

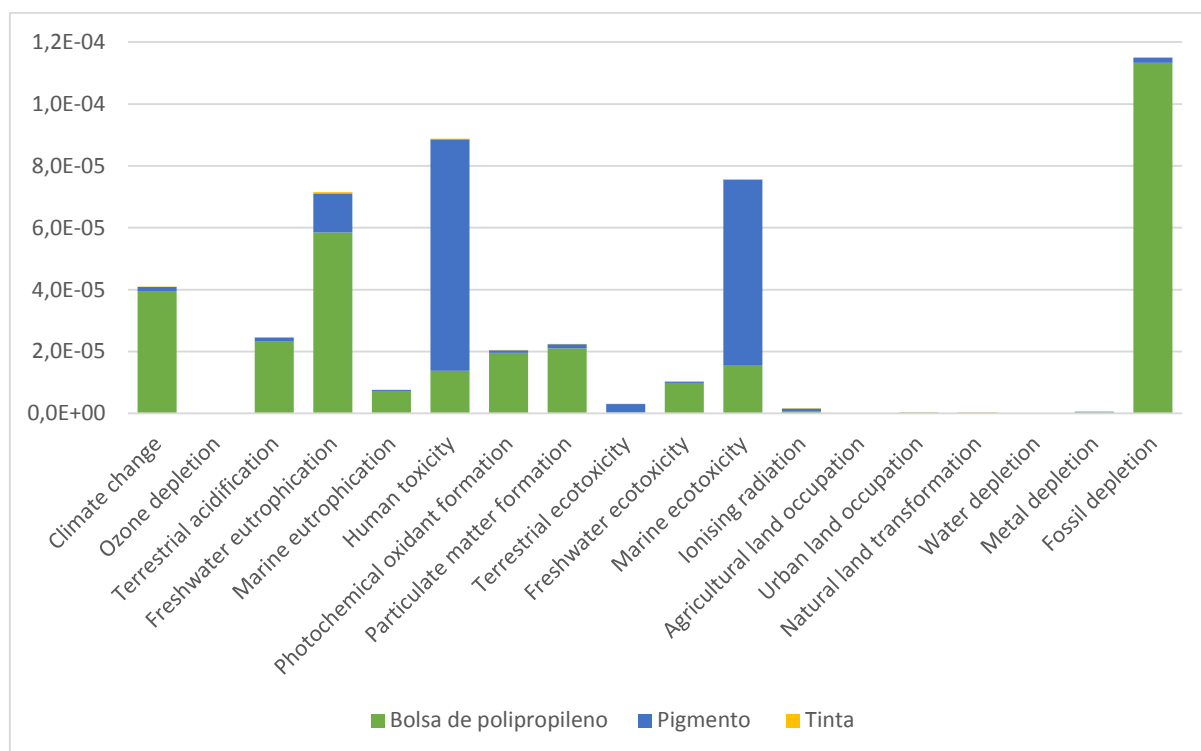


Figura 17. Resultados normalizados del análisis de impacto de los componentes de la bolsa reutilizable de polipropileno

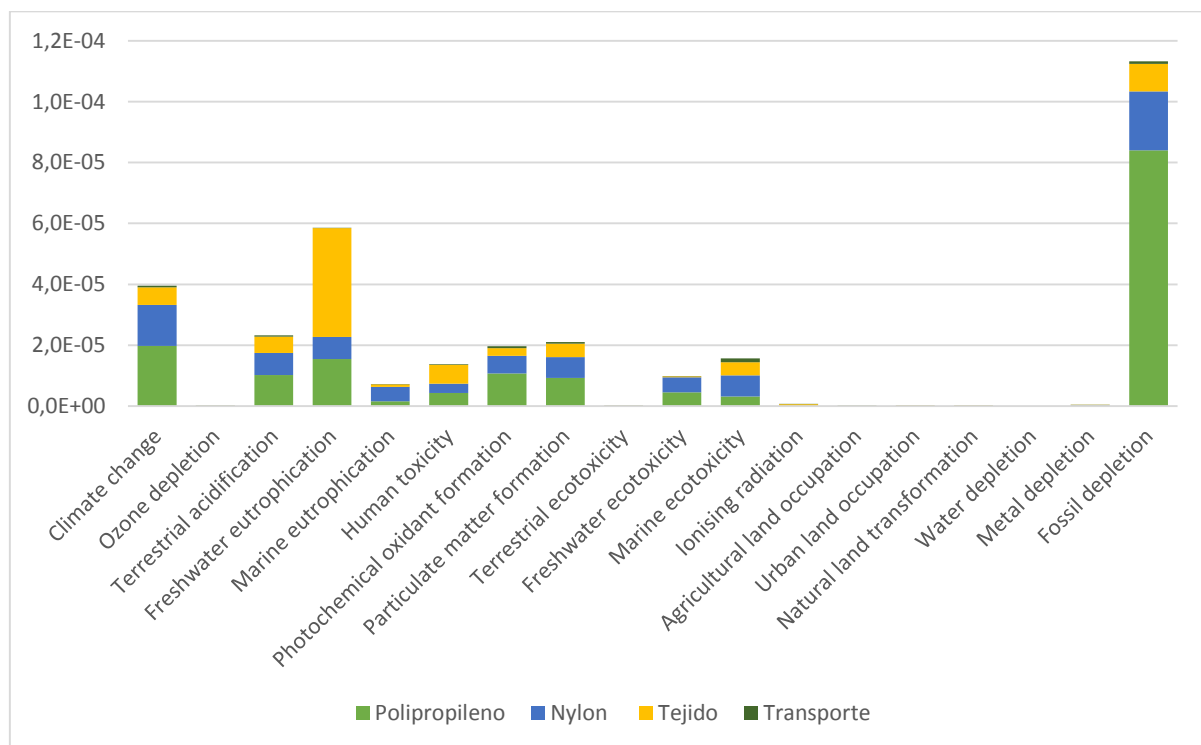


Figura 18. Resultados normalizados del análisis de impacto de la bolsa de polipropileno (Fabricación y materias primas)

4.1.4. Conclusiones

El análisis las tres diferentes opciones de bolsas estudiadas permite llegar a las conclusiones siguientes:

- Para las tres bolsas, la etapa de fin de vida tienen un bajo impacto y solo induce una reducción pequeña del uso de tierra agrícola en el caso del reciclaje del papel.
- Las fases de transporte de las materias primas hasta el lugar de fabricación tienen un impacto mínimo para las tres bolsas y el transporte del lugar de fabricación hasta Córcega tiene un impacto bajo en comparación con otras etapas del ciclo de vida del producto, en particular para las bolsas de papel que se fabrican en Alemania. Sin embargo, este impacto aumenta con el peso de la bolsa y por lo tanto es más importante para la bolsa reutilizable que para la bolsa ligera de un solo uso.
- Los productos secundarios como la tinta y el pegamento tienen un impacto muy bajo. Solo el pigmento induce impactos importantes, especialmente en términos de eutrofización del agua dulce, toxicidad humana y ecotoxicidad marina para la bolsa de un solo uso en polietileno y la bolsa reutilizable de polipropileno. Dado que para el pigmento se han considerados datos de un estudio previo sobre el tema realizado hace 10 años (ECOBILAN, 2004), un análisis de sensibilidad se realizará en la parte *Discusión* para evaluar la incertidumbre relativa a las hipótesis de composición y cantidad de pigmento por bolsa.
- El impacto mayor para todas las categorías resulta de las materias primas y del proceso de fabricación.

→ Para disminuir de manera considerable el impacto del ciclo de vida de estas bolsas, la optimización del transporte o la mejora de los escenarios de fin de vida (con por ejemplo el aumento del reciclaje) no serían eficientes. Sería necesario optimizar los procesos de fabricación para disminuir la cantidad de materias primas necesarias a la producción, los consumos energéticos y las emisiones emitidas. Sin embargo estos cambios son difíciles de realizar porque imponen repensar la industria de las bolsas.

→ La solución es la reutilización de las bolsas porque si se reutiliza X veces una bolsa se divide el impacto global por este número.

4.2. COMPARACIÓN DE LAS BOLSAS Y NÚMERO DE USO

El método ReCiPe 2008 Mid-Point consta con 18 categorías de impactos lo que complica la interpretación de resultados al momento de comparar diferentes alternativas. Los resultados normalizados presentados en el apartado precedente muestran que entre estos 18 indicadores unos son más relevantes que otros. Por lo tanto, el estudio de estos indicadores permite simplificar la comparación mientras que permite obtener resultados representativos. En efecto, el impacto de una

categoría puede ser dividido por dos según la bolsa considerada pero si el impacto de esta categoría es mínimo en comparación con el impacto total de las bolsas, este resultado no influye en la comparación y en la elección de la mejor alternativa. Para facilitar la determinación de la solución menos impactante solo se centra en los indicadores relevantes.

Con el estudio de impacto de cada ciclo de vida, se han determinado las categorías de mayor impacto para cada bolsa, es decir las categorías en las cuales hay que influir para disminuir el impacto global de la bolsa. Para realizar la comparación entre las diferentes alternativas sin olvidar ningún aspecto relevante, se considera todos los indicadores de mayor impacto de 3 las bolsas, que sean comunes para todas las bolsas o no. Dado las categorías identificadas en el apartado precedente, se considera los indicadores siguientes:

- el agotamiento fósil,
- la ecotoxicidad marina,
- la toxicidad humana ,
- la eutrofización del agua dulce,
- la ocupación de tierra agrícola,
- el cambio climático.

Para cumplir la unidad de funcional que consiste en el transporte de 1 m³ de bienes de la tienda hasta la casa, se puede utilizar una o varias veces las bolsas reutilizables de papel y de polipropileno. Cada vez que se reutiliza una bolsa, el impacto inducido para cumplir la unidad funcional disminuye. Por lo tanto, el objetivo de este apartado es determinar la mejor alternativa en función de este número de utilizaciones. Por eso, se estudia los escenarios de reutilización descritos en la Tabla 20.

Numero de bolsas para una unidad funcional			
Numero de uso	Bolsa de solo uso	Bolsa de papel	Bolsas de PP tejido
1	72	50	25
2	-	25	13
5	-	10	5
8	-	7	4
10	-	5	3
15	-	4	2
20	-	3	2

Tabla 20. Numero de bolsas necesarias para cumplir la unidad funcional según el número de utilizaciones.

El cálculo de estos números de bolsas toma en cuenta el volumen de cada bolsa (se toma la hipótesis que se llenan al 100%) y considera solo cifras enteras. Por ejemplo, para transportar 1m³ de bienes con una bolsa de papel (volumen: 20 litros) utilizada 8 veces, es necesario:

$$1\,000\text{ L} / 20\text{ L} / 8\text{ utilizaciones} = 6.25 \quad \text{es decir 7 bolsas.}$$

La comparación de las 3 bolsas sin reutilización en la Figura 19 muestra que sin reutilización la bolsa de un solo uso en polietileno tiene un impacto menor para todos los indicadores considerados.

Al contrario, se observa en la Figura 20 que con 10 reutilizaciones de las bolsas de papel y de polipropileno, la bolsa de polietileno tiene un impacto mayor que la bosas reutilizables según varios indicadores (Cambio climático, toxicidad humana, ecotoxicidad marina, agotamiento fósil).

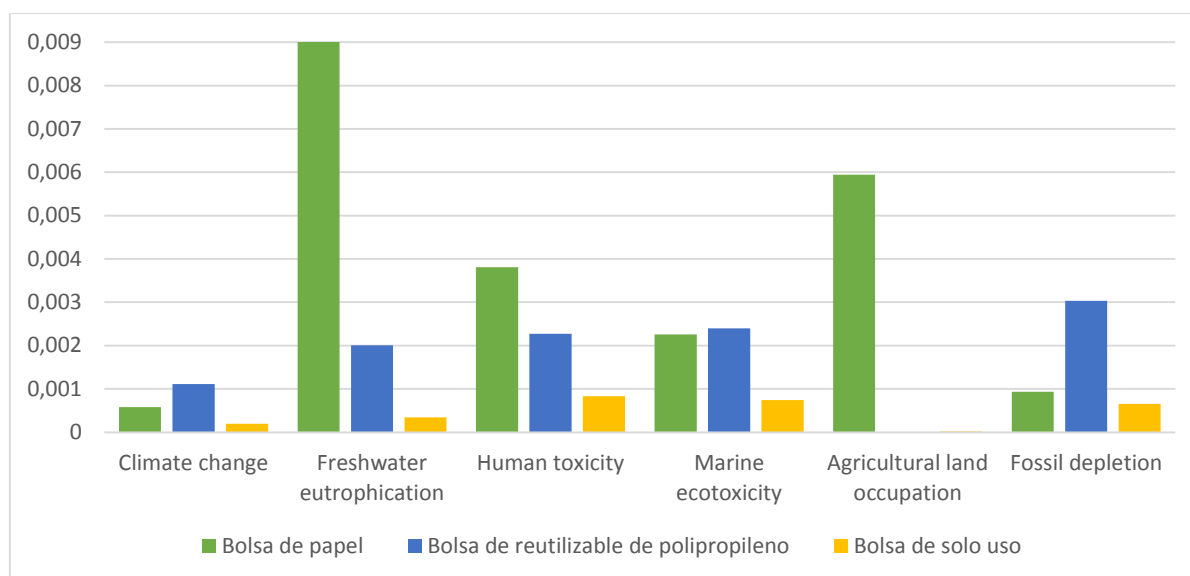


Figura 19. Comparación del impacto de las bolsas sin reutilización

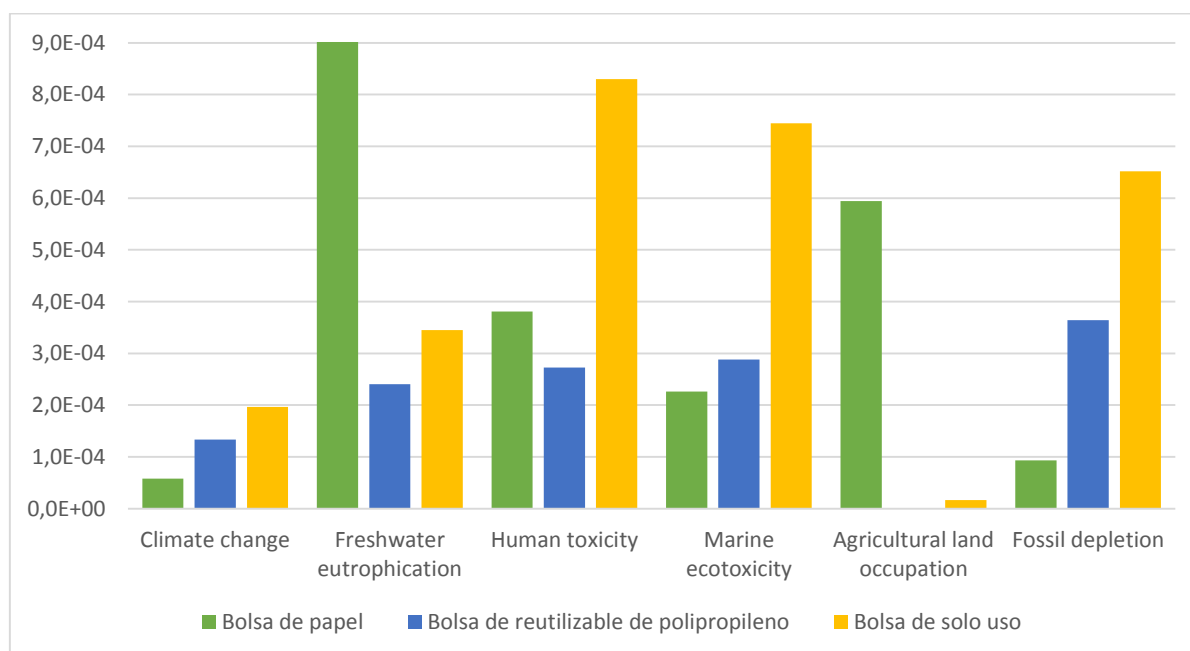


Figura 20. Comparación del impacto de las bolsas con 10 reutilizaciones

Para estudiar en detalle la influencia del número de utilizaciones y comparar de manera más precisas las bolsas se analiza los resultados por cada indicador. La tabla con el detalle de todos los valores por bolsas y por indicador es disponible en la Tabla 10 del Anexo 1.

4.2.1. Cambio climático

La evolución del indicador Cambio Climático presentado en la Figura 21 muestra que es necesario utilizar 3 veces la bolsa de papel y 6 veces la bolsa de polipropileno para inducir un impacto menor que la bolsa de un solo uso. Con 15 utilizaciones de la bolsa de papel se evita la emisión de 0.98 kg CO₂ eq y 0.68 kg CO₂ eq con la bolsa de polipropileno.

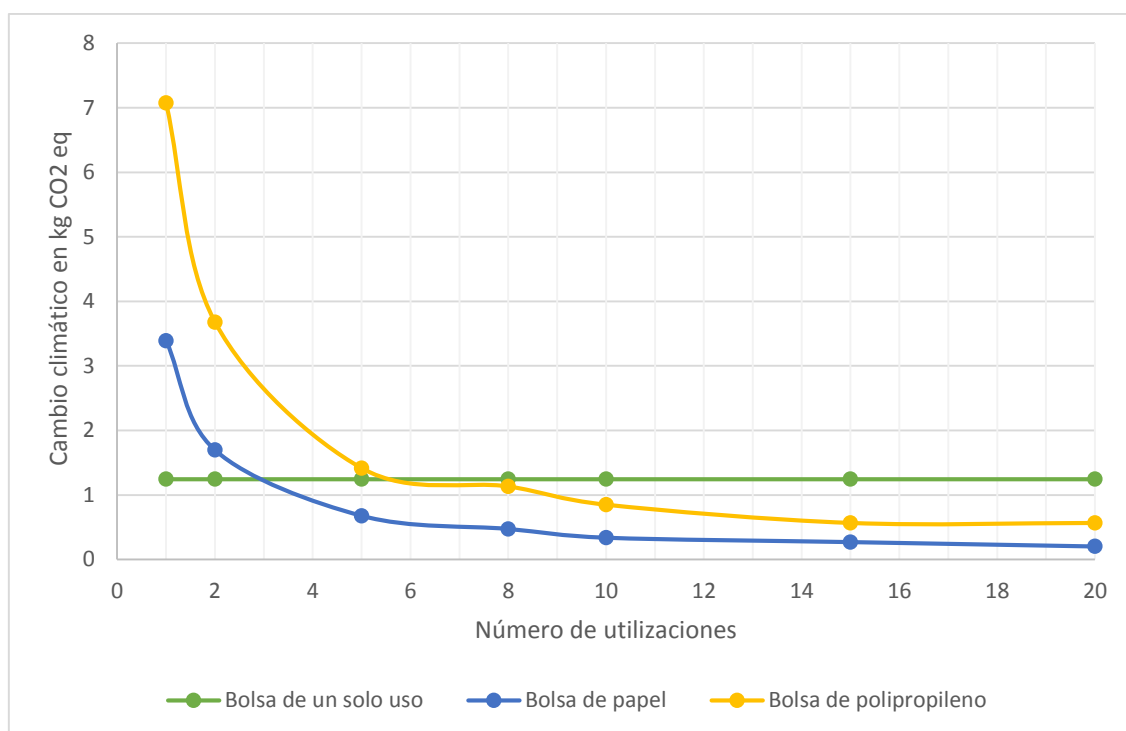


Figura 21. Evolución del indicador Cambio climático en función del número de utilizaciones

Al contrario sin reutilización, la bolsa de un solo uso emite más de 5 veces menos CO₂ eq que la bolsa de polipropileno y cuasi 3 veces menos que la bolsa de papel.

Para este indicador, para menos de 3 utilizaciones, es mejor utilizar bolsas de un solo uso, y después de 3 utilizaciones es siempre mejor utilizar bolsas de papel.

4.2.2. Eutrofización del agua dulce

La Figura 22 muestra que a partir de 8 utilizaciones, la bolsa de polipropileno induce menos eutrofización del agua dulce que la bolsa de un solo uso y la bolsa de papel con 20 utilizaciones todavía impacta más que la bolsa de un solo uso. Sin reutilización, la bolsa de papel y la bolsa de polipropileno

inducen respectivamente 30 veces y 6 veces más emisiones de fosforo equivalente que la bolsa de un solo uso.

Para este indicador, para menos de 8 utilizaciones es mejor utilizar bolsas de un solo uso y después de 8 utilizaciones es siempre mejor utilizar bolsas de polipropileno. La bolsa de papel es siempre la peor alternativa cual sea el número de utilizaciones.

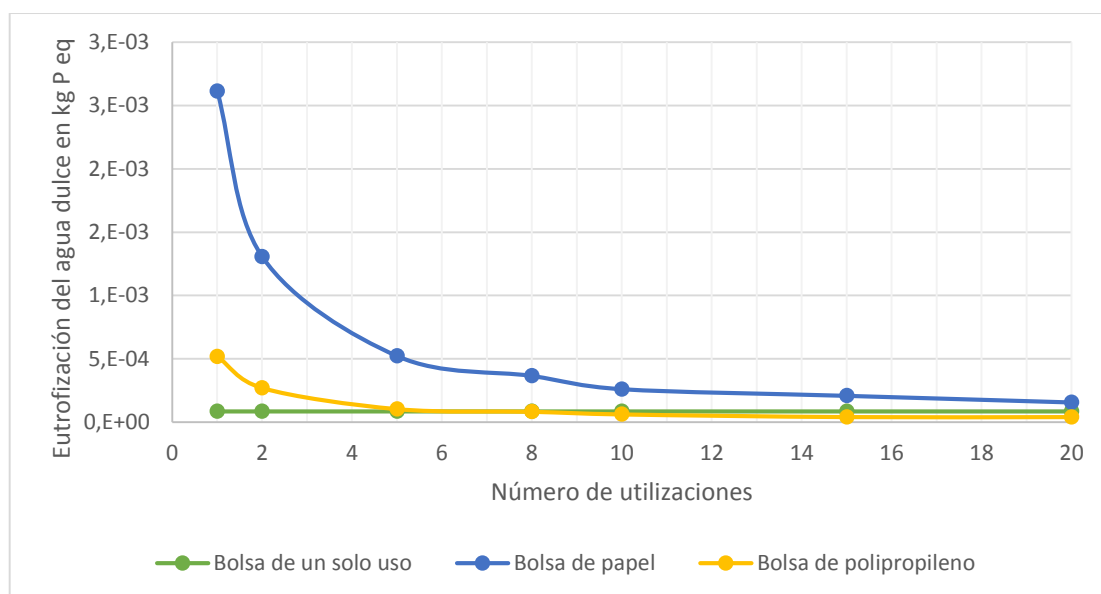


Figura 22. Evolución del indicador Eutrofización del agua dulce en función del número de utilizaciones

4.2.3. Toxicidad humana

Según el gráfico de la Figura 23, es necesario utilizar 3 veces la bolsa de polipropileno y 5 veces la bolsa de papel para tener un impacto inferior a la bolsa de un solo uso en términos de toxicidad humana.

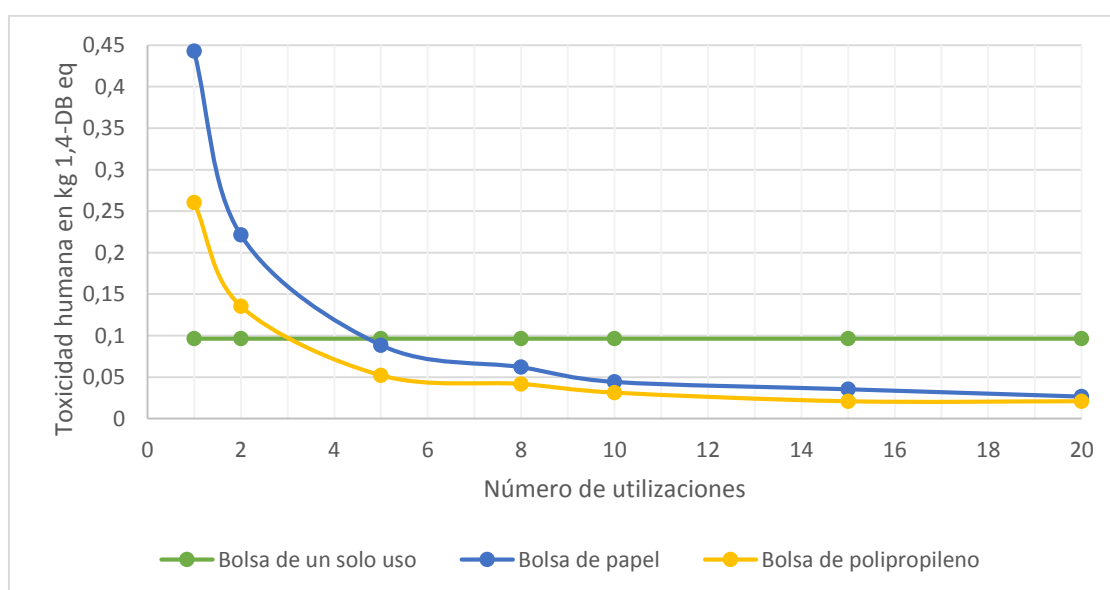


Figura 23. Evolución del indicador Toxicidad humana en función del número de utilizaciones

Sin reutilización, los impactos de las bolsas de papel y de polipropileno son respetivamente cuasi 5 y 3 veces más elevados que el impacto de la bolsa de un solo uso.

Para este indicador, para menos de 3 utilizaciones, es mejor utilizar bolsas de un solo uso, y para 3 utilizaciones o más, la bolsa de polipropileno es siempre la mejor solución.

4.2.4. Ecotoxicidad marina

En términos de ecotoxicidad marina, las bolsas de polipropileno y papel tienen un impacto similar como se observa en la Figura 24. A partir de 4 utilizaciones tienen un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso, y con 15 utilizaciones permiten dividir 4 por las emisiones de 1,4 diclorobenceno en comparación con la bolsa de un solo uso.

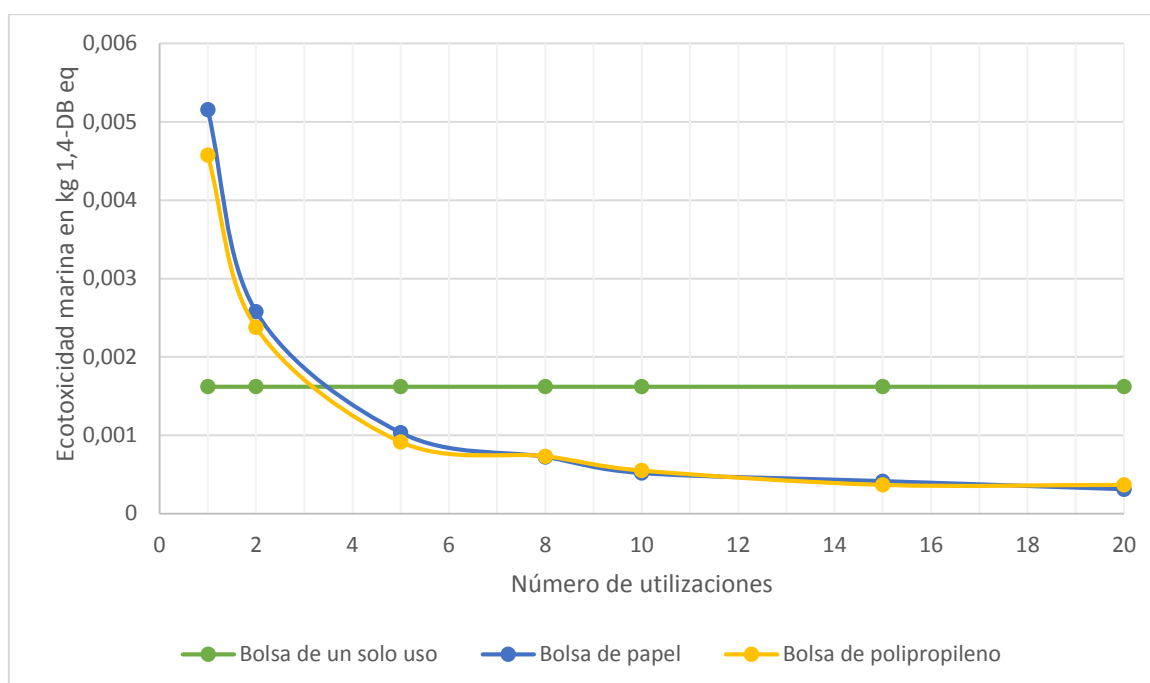


Figura 24. Evolución del indicador Ecotoxicidad marina en función del número de utilidades

Para este indicador, la bolsa de un solo uso es la mejor solución para menos de 4 utilidades de las bolsas reutilizables pero a partir de 4 utilidades las bolsas de papel y de polipropileno son las mejores alternativas.

4.2.5. Ocupación de la tierra agrícola

La Figura 25 muestra la evolución del indicador Ocupación de tierra agrícola en función del número de utilidades. Este indicador solo interviene para la bolsa de papel con el consumo de madera y es nulo para las otras bolsas. Por lo tanto en esta categoría de impacto la bolsa de papel es siempre la alternativa más impactante independientemente del número de utilidades.

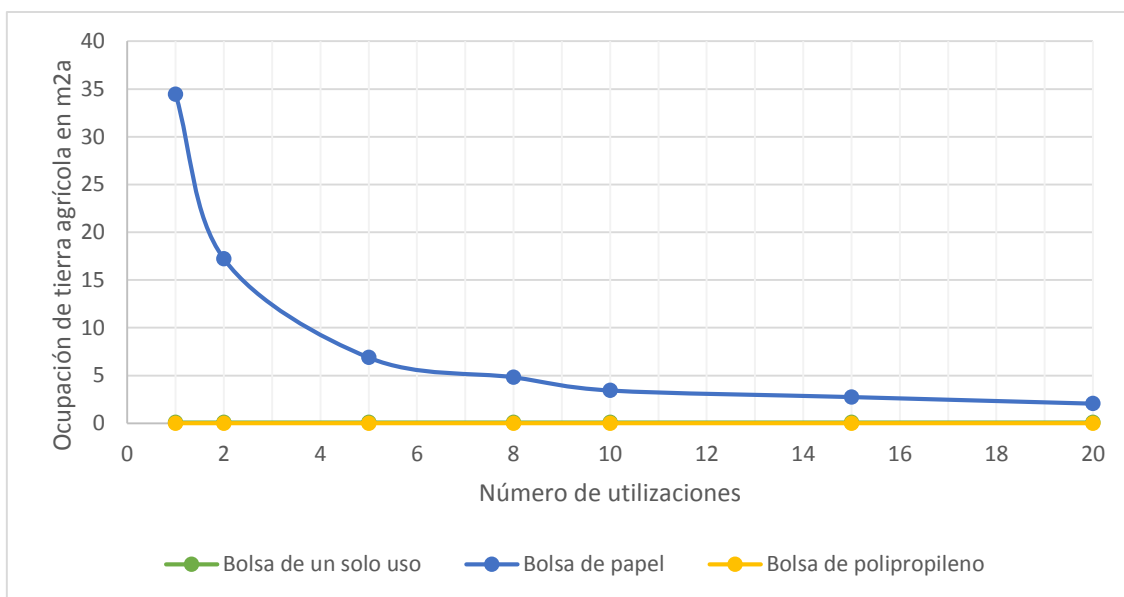


Figura 25. Evolución del indicador Ocupación de tierra agrícola en función del número de utilizations

En este grafico no se ve la curva de la bolsa de un solo uso porque es la misma que la curva de la bolsa de polipropileno. Para este indicador, es siempre mejor utilizar bolsas de un solo uso o bolsas de polipropileno que no necesitan una ocupación de tierra agrícola que bolsas de papel.

4.2.6. Agotamiento fósil

En términos de agotamiento fósil, se observa en la Figura 26 que, sin reutilización, la bolsa de polipropileno tienen un impacto más de 4 veces mayor que la bolsa de un solo uso por culpa de su peso más elevado (cantidad de materia plástica más elevada), pero a partir de 5 utilizations la bolsa de polipropileno es una mejor alternativa. Para la bolsa de papel 2 utilizations son suficientes para tener un impacto menor que la bolsa de un solo uso.

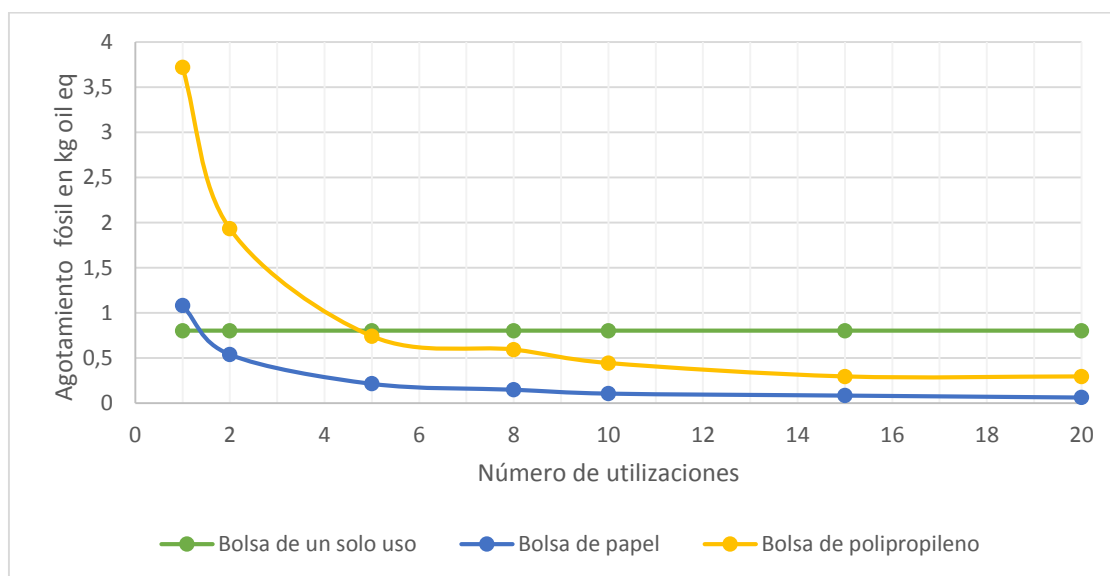


Figura 26. Evolución del indicador Agotamiento fósil en función del número de utilizations

Con 15 utilizaciones, las bolsas de papel y polipropileno permiten evitar respetivamente el consumo de 0.7 y 0.5 Kg de petróleo equivalente en comparación con la bolsa un solo uso.

Para este indicador, sin reutilización es mejor utilizar bolsas de un solo uso pero para 2 utilizaciones o más, la bolsa de papel es siempre la mejor alternativa.

4.2.7. Resumen y conclusiones de la comparación

La Tabla 21 presenta el resumen de los números mínimos de utilizaciones de las bolsas de papel y de polipropileno para tener un impacto inferior a la bolsa de un solo uso. Este número varía mucho en según el indicador considerado pero se observa que con 8 utilizaciones la bolsa de polipropileno es mejor que la bolsa de un solo uso para todos los indicadores. Sin embargo, la bolsa de papel es la mejor alternativa en cuanto al cambio climático y al agotamiento fósil.

	Bolsa de papel	Bolsa de polipropileno	Mejor alternativa
Cambio climático	3	6	Papel
Eutrofización del agua dulce	>20	8	Polipropileno
Toxicidad humana	5	3	Polipropileno
Ecotoxicidad marina	4	4	Polipropileno y Papel
Ocupación de tierra agrícola	∞	1	Polipropileno
Agotamiento fósil	2	5	Papel

Tabla 21. Número mínimo de utilizaciones de las bolsas de papel y de polipropileno necesario para tener un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso en función de los indicadores

La comparación de las Tablas 22 y 23, que indican el ratio entre el impacto de la bolsa de papel o de polipropileno y el impacto de la bolsa de un solo uso para cada uno de los indicadores, muestra que no existe una solución siempre mejor para todas las categorías. Las cifras en verde corresponden con un ratio positivo, es decir un impacto menor que la bolsa de un solo uso, y las cifras en rojo corresponden con un impacto negativo, es decir un impacto mayor que la bolsa de un solo uso.

Numero de utilizaciones	1	2	5	8	10	15	20
Cambio climático	2,72	1,36	0,54	0,38	0,27	0,22	0,16
Eutrofización del agua dulce	30,33	15,17	6,07	4,25	3,03	2,43	1,82
Toxicidad humana	4,59	2,30	0,92	0,64	0,46	0,37	0,28
Ecotoxicidad marina	3,18	1,59	0,64	0,45	0,32	0,25	0,19
Ocupación de tierra agrícola	381,56	190,78	76,31	53,42	38,16	30,52	22,89
Agotamiento fósil	1,34	0,67	0,27	0,19	0,13	0,11	0,08

Tabla 22. Ratio entre el impacto de la bolsa de papel y la bolsa de un solo uso en función del número de utilizaciones

La bolsa de papel siempre es la alternativa más impactante en términos de eutrofización de agua dulce y ocupación de tierra agrícola por culpa del consumo de madera y de producción del papel. Sin embargo, después de 2 utilizaciones induce menos daños que la bolsa de un solo uso en términos de Cambio climático, Toxicidad humana, Ecotoxicidad marina y Agotamiento fósil.

Numero de utilizaciones	1	2	5	8	10	15	20
Cambio climático	5,67	2,95	1,13	0,91	0,68	0,45	0,45
Eutrofización del agua dulce	6,02	3,13	1,20	0,96	0,72	0,48	0,48
Toxicidad humana	2,70	1,41	0,54	0,43	0,32	0,22	0,22
Ecotoxicidad marina	2,82	1,47	0,56	0,45	0,34	0,23	0,23
Ocupación de tierra agrícola	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Agotamiento fósil	4,62	2,40	0,92	0,74	0,55	0,37	0,37

Tabla 23. Ratio entre el impacto de la bolsa de polipropileno y la bolsa de un solo uso en función del número de utilizaciones

La bolsa de polipropileno es la mejor alternativa a la bolsa de un solo uso después de 8 utilizaciones y solo con 5 utilizaciones permite evitar 50% del impacto en términos de Toxicidad humana y Ecotoxicidad marina.

4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PROHIBICIÓN DE LAS BOLSAS DE UN SOLO USO EN CÓRCEGA

En Córcega, hace 10 años que se prohibió la distribución de las bolsas de un solo uso por los supermercados de la gran distribución. Esta prohibición tenía como objetivo disminuir el impacto ambiental de las bolsas de compra sustituyendo las bolsas ligeras de un solo uso en polietileno por bolsas reutilizables de papel y de polipropileno tejido. Aunque no se puede negar que este cambio fue un éxito en cuanto a la desaparición de todas las bolsas ligeras que se tiraban en la naturaleza o en el mar y constituían una contaminación visual y ambiental importante, se mostró en el análisis del impacto que el impacto global de las bolsas de compra reutilizable es menor que para las bolsas de un solo uso solo después de un cierto número de utilizaciones. Por lo tanto, esta prohibición es positiva solo si los consumidores reutilizan al máximo las bolsas y si favorecen las bolsas de polipropileno tejido y no las bolsas de papel que son más impactantes también después de 20 utilizaciones.

Aunque no existen estudios sobre las estadísticas de reutilización de las bolsas por los consumidores de Córcega, se puede estimar si el balance global del cambio fue positivo o no mediante el número de bolsas distribuidas en los supermercados Casino. Antes de su prohibición en 2003, se distribuía 32 millones de bolsas de un solo uso por año en todos los supermercados Casino de la isla aunque en 2013 se distribuyó 745 640 bolsas de polipropileno y 1 131 200 bolsas de papel (CODIM2,

comunicación personal). Además, en 2003, Casino representaba el 44.4% de la cuota de mercado en la gran distribución en Córcega (CODIM2, comunicación personal) para una población de 294 118 habitantes (Insee, 2013), lo que corresponde con 130 588 personas y que en 2013 Casino representaba el 42.1% de la cuota de mercado (CODIM2, comunicación personal) para una población de 322 120 habitantes (Insee, 2013), lo que corresponde con 135 612 personas. Por tanto, se puede considerar que los números de bolsas distribuidas en 2003 y las bolsas vendidas en 2013 corresponden aproximadamente al consumo anual de bolsas de compra del mismo volumen de clientes y se pueden comparar. La Tabla 24 presenta los impactos de las diferentes bolsas considerando el número de bolsas consumidas para las categorías de mayor impacto.

Categoría de impacto	Unidad	32 000 000 bolsas de un solo uso	745 640 bolsas de polipropileno	1 131 200 bolsas de papel
Climate change	kg CO2 eq	602861,69	210989,04	76732,76
Freshwater eutrophication	kg P eq	44,48	15,47	59,16
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	43285,49	7772,77	10019,67
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	799,49	136,43	116,67
Agricultural land occupation	m2a	40145,89	228,35	779223,40
Fossil depletion	kg oil eq	373592,48	110860,39	24464,45

Tabla 24. Impacto de las cantidades de bolsas consumidas por año

Si se sustrae al impacto de las bolsas de un solo uso que se consumían por año antes de 2003 a la suma de los impactos de las cantidades de bolsas de polipropileno tejido y de papel que se consumieron en 2013, se obtiene el impacto evitado o añadido por año presentado por categoría de impacto en la Tabla 25. Como se trata de un impacto evitado (valores positivos en la tabla 25), los valores negativos corresponden con un impacto negativo, es decir un impacto suplementario inducido por el cambio de la bolsa de un solo uso por alternativas reutilizables.

Categoría de impacto	Unidad	Impacto evitado	Impacto evitado %
Climate change	kg CO2 eq	315139,89	52%
Freshwater eutrophication	kg P eq	-30,14	-68%
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	25493,06	59%
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	546,39	68%
Agricultural land occupation	m2a	-739305,86	-1842%
Fossil depletion	kg oil eq	238267,64	64%

Tabla 25. Impacto evitado por categoría de impacto gracias a la sustitución de las bolsas de solo uso por las alternativas reutilizables

Resulta que cada año desde 2003, para los supermercados Casino, se evita la emisión de más de 315 toneladas de CO₂ equivalente, es decir se divide por dos las emisiones. También se previene el 60% del

impacto en términos de toxicidad humana, el 68% en términos de ecotoxicidad marina y el consume de 238 toneladas de petróleo. Sin embargo, con el uso de bolsas de papel que tienen un gran impacto en términos de eutrofización, se aumenta del 68% el impacto en esta categoría. Además, al contrario de las bolsas de plástico, las bolsas de papel necesitan una ocupación de las tierras agrícolas. Estos resultados, que corresponden con los datos del grupo Casino (que representa más del 40% de mercado de la isla), se pueden considerar como representativos de la situación en la totalidad de los supermercados de Córcega. En efecto, como descrito en la parte *Antecedente*, todos los supermercados de la gran distribución se pusieron de acuerdo en 2003, después de la consulta de la población, para cambiar las bolsas de un solo uso por bolsas reutilizables de polipropileno y/o de papel.

En conclusión, la sustitución de las bolsas de un solo uso por las bolsas reutilizables ha permitido evitar una gran parte de los impactos en términos de cambio climático, toxicidad humana, ecotoxicidad marina y consumo de energía fósil pero el uso de bolsas de papel induce nuevos impactos sobre todo cuanto a la eutrofización del agua dulce y al uso de tierra agrícola. Sería necesario elegir una otra alternativa para reemplazar esta bolsa de papel o fomentar solo el uso de bolsas de polipropileno.

5. Discusión

El objetivo de este trabajo era determinar el impacto del ciclo de vida de las bolsas de compra y de comparar las alternativas mediante el uso del método ReCiPe para aplicar el resultado al caso de Córcega. El estudio refleja este caso específico con sus particularidades en términos de tipos y características de las bolsas, de transporte y de escenario de fin de vida. Por lo tanto, los resultados no se pueden considerar como válidos para cualquier otra bolsa utilizada en cualquier otro lugar del mundo, especialmente los valores de impactos. Solo las conclusiones globales sobre las etapas del ciclo de vida más impactantes o las tendencias de evolución en función del número de utilizaciones se podrían transferir a un caso similar.

5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA HIPÓTESIS DE SEGUNDO USO

De acuerdo con las informaciones facilitas por el Syvadeo (Comunicación personal) se definió los escenarios de fin de vida de las diferentes bolsas. La Tabla 26 resume las hipótesis de repartición entre las opciones de fin de vida (Reciclaje, vertedero y segunda vida) descritas y justificadas en el apartado 3.1.2. *Inventario*.

	Bolsa de un solo uso en polietileno	Bolsa reutilizable en polipropileno	Bolsa reutilizable en papel
Reciclaje	0%	0%	8%
Vertedero	20%	20%	12%
Segundo uso	80%	80%	80%

Tabla 26. Escenarios de fin de vida de las diferentes bolsas

Se ha considerado que, para cada bolsa, el 80% cumple una segunda función después de unos o varios usos para el transporte de los bienes de los supermercados a casa. En efecto, las bolsas de un solo uso suelen cumplir la función de bolsa de basura y las bolsas reutilizables de polipropileno y papel, más grandes y resistentes, suelen utilizarse para el almacenamiento o el transporte de otros bienes. Se ha considerado que el 20% restante no tiene una segunda función porque la bolsa está dañada, sucia o rota, o que los consumidores ya tienen suficiente y la tiran.

El estudio de la sensibilidad de esta hipótesis de 80% de segundo uso se realizó considerando una variación entre el 50% y el 90% de segunda vida. Una tasa menor del 50% no reflejaría la realidad porque es un hecho que una gran parte de las bolsas se reutilizan por el consumidor. También no se puede considerar un 100% porque un número de bolsas se rompe o se pierde y no se reutiliza. Para la bolsa de papel se considera como constante el 8% de bolsas recicladas.

Para las bolsas de plástico, el escenario de fin de vida influye solo en la categoría de impacto “Eutrofización del agua dulce” aunque para las bolsas de papel, el impacto varía también para la categoría “Cambio climático”. Los resultados presentados en la Tabla 27 muestran la variación (relativa al valor de referencia del 80%) del impacto del ciclo de vida total de cada bolsa para el indicador considerado.

Bolsa	Categoría	Impacto en función del porcentaje de segundo uso				
		90%	80% = ref	70%	60%	50%
Solo uso en polietileno	Eutrofización del agua dulce (kg P eq)	1,3E-06	1,39E-06	1,48E-06	1,57E-06	1,66E-06
	Variación (%)	-6,6%	-	+6,6%	+13,1%	+19,7%
Reutilizable de polipropileno	Eutrofización del agua dulce (kg P eq)	2,21E-05	2,33E-05	2,44E-05	2,56E-05	2,68E-05
	Variación (%)	-5,1%	-	+5,1%	+10,1%	+15,2%
Papel	Eutrofización del agua dulce (kg P eq)	5,21E-05	5,26E-05	5,31E-05	5,35E-05	5,40E-05
	Variación (%)	-0,9%	-	+0,9%	+1,8%	+2,7%
	Cambio climático (kg CO2 eq)	0,076	0,080	0,084	0,090	0,094
	Variación (%)	-5,7%	-	+5,7%	+11,5%	+17,2%

Tabla 27. Sensibilidad de los resultados al porcentaje de segundo uso

Resulta que una variación del 10% en el número de bolsas que tienen una segunda vida induce una variación del 6.6%, 5.1% y 0.9% en la eutrofización respectivamente para las bolsas de un solo uso, reutilizable de polipropileno, y reutilizable de papel en comparación con el resultado obtenido con un valor de 80%. Además, esta misma variación induce una fluctuación del 5.7% en las emisiones de CO₂ equivalente para la bolsa de papel.

En el caso que solo un 50% de las bolsas tienen una segunda vida, la eutrofización del agua dulce aumenta del 19.7% para la bolsa de una solo uso y 15.5% para la bolsa polipropileno y la emisiones de CO₂ aumentan del 17.2 para la bolsa de papel.

Por lo tanto, además del número de utilidades de las bolsas reutilizables para cumplir la unidad funcional estudiada en este trabajo, lo importante es dar una segunda vida a las bolsas tanto como sea posible.

5.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA TASA DE RECICLAJE DEL PAPEL

El estudio de la influencia del reciclaje de las bolsas se ha realizado solo para la bolsa de papel dado que hoy en día no existe la posibilidad de reciclaje de las bolsas de plástico en Córcega. La sensibilidad de los resultados a la hipótesis de reciclaje de las bolsas de papel se estudió considerando como constante el 80% de bolsas con segunda vida, es decir que la tasa de reciclaje varía entre el 0 y el 20%.

Las categorías de impactos que varían según el porcentaje de bolsas recicladas son el Cambio climático, la Eutrofización del agua dulce y la Ocupación de tierra agrícola. Los resultados de la Tabla 28 muestran la variación del impacto del ciclo de vida de la bolsa de papel para cada categoría en comparación con el valor de referencia de 8%. El reciclaje del papel induce un impacto con valor negativo es decir un impacto evitado. Este impacto evitado permite disminuir el valor total del impacto en la categoría considerada para el ciclo de vida de la bolsa de papel.

Categoría de impacto	0%	5%	8% = Ref	10%	15%	20%
Cambio climático	+7,1%	+2.7%	0,080 (kg CO2 eq)	-1.8%	-6.2%	-10.7%
Eutrofización del agua dulce	+1.3%	0.5%	5,26E-05 (kg P eq)	0.3%	1.1%	1.9%
Ocupación de tierra agrícola	+6.6%	+2.5%	0,65 (m2a)	-1.7%	-5.8%	-10.0%

Tabla 28. Sensibilidad de los resultados a la tasa de reciclaje del papel

Resulta que el aumento de la tasa de reciclaje permite disminuir el impacto del ciclo de vida de la bolsa. Si no se reciclaban las bolsas de papel, los impactos en términos de cambio climático y de ocupación de tierra agrícola aumentarían respectivamente del 7.1% y del 6.6% en comparación con la tasa actual de 8% de bolsas recicladas. El reciclaje de la totalidad de las bolsas de papel (es decir el 20% considerando que el 80% tiene una segunda vida) permitiría evita la emisión del 11% de CO₂ equivalente y disminuir del 10% la ocupación de tierra agrícola en comparación con el escenario de 8%. Para cualquier tasa de reciclaje, el impacto relativo a la eutrofización de agua dulce varía poco (menos del 2%). También, la tasa de reciclaje del papel no influye en la toxicidad humana, la ecotoxicidad marina y el agotamiento fósil.

5.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA CANTIDAD DE PIGMENTO

Los resultados detallados en la parte 4 de este documento han mostrado que el pigmento presente en las bolsas de plástico (de un solo uso y reutilizable) es responsable de una gran parte de los impactos en términos de Eutrofización del agua dulce, de Toxicidad humana y de Ecotoxicidad marina. Este

pigmento, el dióxido de titano, se utiliza para obtener bolsas blancas sino las bolsas serian transparentes.

Dado la toxicidad de este pigmento, los industriales tienden a reducir su uso. Como las cantidades de pigmento por bolsas consideradas en este estudio para el cálculo del impacto proceden de un estudio realizado hace 10 años (en 2004 por ECOBILAN), es probable que las bolsas producidas hoy en día contienen menos pigmentos (aunque todavía se considera la misma cantidad de 16 gramos para la bolsa de un solo uso en el estudio del UK Environment Agency publicado en 2011).

Para las bolsas de un solo uso, se puede observar en las tiendas que algunas son totalmente transparentes, es decir que no contienen pigmento, pero parece más difícil suprimir totalmente el pigmento en las bolsas reutilizables de polipropileno que suelen ser opacas y con fondo blanco. No obstante, la Tabla 29 presenta las variaciones en la cantidad de pigmento estudiadas. Se realiza los cálculos en el caso de que las cantidades sean más elevadas del 5 o 10% o al contrario en el caso de un reducción del 5, 10, 20, 50 o 100%.

	Bolsa de un solo uso	Bolsa reutilizable de polipropileno
	TiO2 g/bolsa	TiO2 g/bolsa
Ref	0,170	1,300
+5%	0,179	1,365
+10%	0,187	1,430
-5%	0,162	1,235
-10%	0,153	1,170
-20%	0,136	1,040
-50%	0,085	0,650
sin pigmento	0	0

Tabla 29. Variación de las cantidades de pigmento

Los resultados para el impacto del ciclo de vida de la bolsa de un solo uso presentados en la Tabla 30 muestran que la disminución de la cantidad de pigmento permite evitar una gran parte de los impactos relacionados con las 3 categorías. La supresión total del uso del pigmento permite disminuir del 35% el fenómeno de eutrofización del agua dulce inducido por las bolsas, del 85% el impacto en términos de toxicidad humana y del 76% el problema de ecotoxicidad marina en comparación con el valor de referencia considerado en este estudio.

El pigmento, que se podría considerar como un producto secundario en las bolsas, finalmente tiene una gran importancia en el impacto del ciclo de vida: una variación del 10% de la cantidad utilizada al momento de la fabricación de la bolsa induce una variación del 8% en términos de toxicidad humana y marina al nivel del ciclo de vida global.

Categoría de impacto	Ref	+5%	+10%	-5%	-10%	-20%	-50%	sin pigmento
Eutrofización del agua dulce	1,4E-06 (kg P eq)	+2%	+3%	-2%	-3%	-7%	-17%	-35%
Toxicidad humana	0,00135 (kg 1,4-DB eq)	+4%	+8%	-4%	-8%	-17%	-42%	-85%
Ecotoxicidad marina	2,5E-05 (kg 1,4-DB eq)	+4%	+8%	-4%	-8%	-15%	-38%	-76%

Tabla 30. Sensibilidad de los resultados a la cantidad de pigmento para la bolsa de un solo uso

En cuanto a la bolsa de polipropileno, los resultados (Tabla 31) son similares a la bolsa de un solo uso. Una disminución del 10% en el uso de pigmentos permite evitar el 2% de la eutrofización del agua dulce, el 8% de la toxicidad humana y el 6% de la ecotoxicidad marina al nivel de los impactos totales del ciclo de vida de la bolsa.

Categoría de impacto	Ref	+5%	+10%	-5%	-10%	-20%	-50%	sin pigmento
Eutrofización del agua dulce	2,33E-05 (kg P eq)	+1%	+2%	-1%	-2%	-3%	-8%	-16%
Toxicidad humana	0,010657 (kg 1,4-DB eq)	+4%	+8%	-4%	-8%	-16%	-41%	-82%
Ecotoxicidad marina	0,000232 (kg 1,4-DB eq)	+3%	+6%	-3%	-6%	-12%	-31%	-62%

Tabla 31. Sensibilidad de los resultados a la cantidad de pigmento para la bolsa de polipropileno

Estos resultados muestran que fomentar la venta de bolsas reutilizables de polipropileno con una baja cantidad de pigmento sería una solución para disminuir el impacto de las bolsas de compra en Córcega.

5.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL MÉTODO DE EVALUACIÓN

Se realizó un análisis de impacto de las bolsas con el método Impact 2002+. Esta metodología propone resultados a través de 14 categorías Mid-Point con factores de caracterización sacados de las metodologías IMPACT 2002, Eco-indicador 99, CML 2001, IPCC y Cumulative Energy Demand (Pré, 2013). Hace parte de los métodos muy utilizados hoy en día para realizar ACV. Las diferencias con el método ReCiPe residen en la definición de los indicadores calculados y por lo tanto en los factores de caracterización correspondientes.

Con este método se realizó el mismo estudio que el trabajo presentado en el apartado 4.1.2. Comparación de las bolsas por indicadores con el método ReCiPe. Se obtuvo los números mínimos de utilizations necesarios para tener un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso en

función de los indicadores (Tabla 32). Los resultados detallados del análisis del ciclo de vida de cada bolsa para cumplir la unidad funcional sin reutilización y los gráficos de comparación de las alternativas para cada indicador en función del número de utilizaciones están disponibles en el Anexo 2. No se comparó los resultados de la caracterización entre los dos métodos porque las categorías de impactos son diferentes.

Categoría de impacto	Bolsa de papel	Bolsa de polipropileno
Carcinogens	1	5
Non-carcinogens	>20	3
Respiratory inorganics	5	5
Ionizing radiation	>20	4
Ozone layer depletion	7	4
Respiratory organics	2	4
Aquatic ecotoxicity	>20	4
Terrestrial ecotoxicity	>20	2
Terrestrial acid/nutri	5	4
Land occupation	>20	1
Aquatic acidification	4	5
Aquatic eutrophication	20	8
Global warming	3	5
Non-renewable energy	2	5
Mineral extraction	>20	1

Tabla 32. Número mínimo de utilizaciones de las bolsas de papel y de polipropileno necesario para tener un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso en función de los indicadores

Resulta que a partir de 5 utilizaciones la bolsa de polipropileno es una mejor opción que la bolsa de un solo uso para la mayor parte de los indicadores y a partir de las 8 utilizaciones es la mejor opción en todas las categorías. A partir de 5 utilizaciones, la bolsa de papel es una mejor opción que la bolsa de un solo uso en la mitad de las categorías aunque para 6 de los indicadores se necesita al menos 20 utilizaciones para tener un impacto menor. Sin embargo, al contrario del método ReCiPe, el método Impact 2002+ no permite realizar la normalización de los resultados de la caracterización Mid-Point (solo se normalizan y expresan mediante unos daños de tipo End-Point), así que puede ser que las categorías en las que la bolsa de papel tiene un impacto siempre mayor que la bolsa de un solo uso no son las categorías de mayor impacto en comparación con otros indicadores.

Estos resultados confirman los resultados obtenidos con el método ReCiPe que la bolsa de polipropileno es la mejor opción después de 8 utilizaciones y que después de 20 utilizaciones la bolsa de papel queda una peor opción en particular para la toxicidad marina, la eutrofización y la ocupación de la tierra.

5.5. COMPARACIÓN CON LOS ESTUDIOS PREVIOS SOBRE EL TEMA

Como descrito en el apartado 2.2.4. *Literatura científica y estudios previos sobre el tema de las bolsas de compra*, existen otros estudios analizando los impactos ambientales de las diferentes bolsas de compra y comparándolas. El presente trabajo comprobó que sin reutilización, la bolsa convencional ligera en polietileno tiene un impacto más bajo que todas las alternativas consideradas para la mayoría de las categorías de impacto pero que a partir de un cierto número de reutilizaciones, las alternativas reutilizables tienen un impacto menor que las bolsas de un solo uso: un gran número de reutilización es la clave de la reducción del impacto (ECOBILAN, 2004; Khoo, H. H., & Tan, R. B., 2010; Muthu, S., 2010; Franklin Associates, 1990; ECOBILAN, 2004; UK Environment Agency, 2011). Además, se confirmó que las etapas de extracción y producción de las materias primas y de producción de las bolsas concentran la mayor parte de los impactos para la mayoría de los indicadores aunque las etapas de transporte y los escenarios de fin de vida tienen un impacto mínimo en comparación con el resto del ciclo de vida (UK Environment Agency, 2011; ECOBILAN, 2008);

También, los resultados de la comparación de las bolsas en función del número de utilidades coinciden con las conclusiones de ECOBILAN que determinó que según la tasa de segunda vida de bolsa de un solo uso como bolsa de basura, una bolsa reutilizable de polietileno se debe utilizar entre 4 y 7 veces para ser mejor para todos los indicadores estudiados y que la bolsa de papel tiene un impacto mucho más importante que las otras alternativas en particular en términos de eutrofización (ECOBILAN, 2004). El estudio de Reino Unido (UK Environment Agency, 2011) concluye que la bolsa de papel y de polipropileno no tejido se deben reutilizar al menos respectivamente 3 y 11 veces, para asegurarse de que tienen un potencial de calentamiento global menor que las bolsas convencionales lo que es similar al resultado encontrado en este trabajo con el método ReCiPe para el cambio climático (respectivamente 3 y 6 veces para la bolsa de papel y la bolsa de polipropileno tejido). La diferencia entre los resultados resulta de la variación entre las características de las bolsas estudiadas (polietileno o polipropileno, tejido o no tejido, peso de la bolsa etc.).

Además de cumplir con las conclusiones cualitativas de los estudios previos sobre este tema, los resultados de este trabajo ofrecen precisiones en el número de utilidades necesario para que cada alternativa resulte ser mejor y permiten cuantificar más precisamente, y con herramientas más poderosas, los impactos de cada bolsa estudiada considerando las características específicas de los productos distribuidos en el caso de Córcega. En particular, este trabajo evalúa los impactos del ciclo de vida de la bolsa de polipropileno tejido que nunca se había estudiado.

6. Conclusiones y líneas futuras de investigación

En este trabajo se han estudiado la bolsa de un solo uso y de las dos opciones de bolsas reutilizables, de papel y de polipropileno tejido, por las cuales se ha sustituido en Córcega desde hace 10 años.

El análisis del ciclo de vida de las tres opciones de bolsas estudiadas, llevado a cabo con el programa SimaPro, permite llegar a las conclusiones siguientes:

- Para las tres bolsas, la etapa de fin de vida tienen un bajo impacto y solo induce una reducción pequeña del uso de tierra agrícola en el caso del reciclaje del papel;
- Las fases de transporte de las materias primas hasta el lugar de fabricación tienen un impacto mínimo para las tres bolsas y el transporte del lugar de fabricación hasta Córcega tiene un impacto bajo en comparación con otras etapas del ciclo de vida del producto;
- Los productos secundarios como la tinta y el pegamento tienen un impacto muy bajo. Solo el pigmento induce impactos importantes, especialmente en términos de eutrofización del agua dulce, toxicidad humana y ecotoxicidad marina para la bolsa de un solo uso en polietileno y la bolsa reutilizable de polipropileno.
- El impacto mayor para todas las categorías resulta de las materias primas y del proceso de fabricación.

Además, la comparación de las alternativas mostró que sin reutilización una bolsa de un solo uso tiene un impacto más bajo que sus alternativas reutilizables. La clave para disminuir el impacto es reutilizar las bolsas tantas veces que sea posible. Después de 8 utilizaciones, la bolsa reutilizable de polipropileno tejido es la alternativa menos impactante y después de 20 utilizaciones, la bolsa de papel queda más impactante en términos de eutrofización del agua dulce y de ocupación de tierra agrícola. La Tabla 21 recuerda el número mínimo de utilización necesario para tener un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso y la mejor alternativa en función del indicador considerado. La bolsa reutilizable de polipropileno queda la mejor alternativa para los indicadores eutrofización del agua dulce, toxicidad humana, ocupación de tierra agrícola y la bolsa de papel resulta ser la solución menos impactante en términos de cambio climático y de agotamiento fósil.

	Bolsa de papel	Bolsa de polipropileno	Mejor alternativa
Cambio climático	3	6	Papel
Eutrofización del agua dulce	>20	8	Polipropileno
Toxicidad humana	5	3	Polipropileno
Ecotoxicidad marina	4	4	Polipropileno y Papel
Ocupación de tierra agrícola	∞	1	Polipropileno
Agotamiento fósil	2	5	Papel

Tabla 33. Número mínimo de utilizaciones de las bolsas de papel y de polipropileno necesario para tener un impacto más bajo que la bolsa de un solo uso en función de los indicadores

A partir de los resultados de impacto de las bolsas y considerando el número de bolsas distribuidas en Córcega cada año, se dedujo que la prohibición de las bolsas de un solo uso, sustituidas por bolsas de polipropileno y bolsas de papel, permite dividir por 2 las emisiones de CO₂ relacionadas con las bolsas de compra, evitar el consumo del 64% del petróleo y disminuir de más del 60% los impactos en términos de toxicidad (humana y marina). Sin embargo, el uso de bolsas de papel induce un aumento del fenómeno de eutrofización y una ocupación de tierra agrícola que no sería necesaria con bolsas de plástico. Por lo tanto, se puede concluir que la prohibición fue beneficiosa aunque se podría mejorar la situación fomentando el uso de las bolsas de polipropileno y no de papel o encontrando una alternativa menos impactante para reemplazar la bolsa de papel.

Para completar este estudio, se necesitaría investigar en las dimensiones económicas y sociales del problema de la gestión de las bolsas de un solo uso y del cambio por alternativas reutilizables. Estos aspectos no se consideran en un análisis de ciclo de vida y son elementos imprescindibles para definir una política ambiental. Se tendría que analizar las consecuencias de este cambio para los consumidores, la repercusión en la industria y en el mercado asociado etc. Además, el método de ACV también tiene límites en la valoración de los impactos ambientales porque no considera las externalidades relacionadas con el uso de las bolsas como por ejemplo el problema de contaminación visual que se tendría de estudiar para tener un análisis completo del problema.

Referencias

ADEME (2005). Sacs et emballages plastiques: le point sur les alternatives biodégradables. Consultado el 09/02/14 en <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=24731&ref=12527&p1=B>

Administración francesa (2013). Les sacs en plastique taxés à partir de 2014. Consultado el 09/02/14 en <http://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/actualites/00768.html>

All About Bags. Bags Around The World. Consultado el 08/05/14 en <http://www.allaboutbags.ca/aroundtheworld.html>

Arehn (2013). Les sacs plastiques. Consultado el 5/02/14 en <http://www.arehn.asso.fr/dossiers/sacs/>

Assemblée de Corse (2003). DELIBERATION N° 03/147 AC DE L'ASSEMBLÉE DE CORSE portant approbation d'une motion relative à la mise à disposition de sacs en plastique biodegradables dans les circuits commerciaux. Consultado el 12/02/14 en <http://www.corse.fr/file/79547/>

Ayalon, O., Goldrath, T., Rosenthal, G., & Grossman, M. (2009). Reduction of plastic carrier bag use: An analysis of alternatives in Israel. *Waste Management*, 29(7), 2025-2032. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09000932>

Comisión Europea (2013). Medio ambiente: la Comisión propone reducir el uso de bolsas de plástico. Comunicado de prensa. Consultado el 09/02/14 en http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-1017_es.htm

Dikgang, J., Leiman, A., & Visser, M. (2012). Analysis of the plastic-bag levy in South Africa. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 59-65. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344912001073>

ECOBILAN PriceWaterHouseCoopers (2004). Evaluation des impacts environnementaux des sacs de caisse Carrefour, Analyse du cycle de vie des sacs de caisse en plastique, papier et matériaux biodégradables. Estudio realizado para Carrefour. Revista critica realizada por ADEME Recuperado de http://www.ademe.fr/htdocs/actualite/rapport_carrefour_post_revue_critique_v4.pdf

ECOBILAN PriceWaterHouseCoopers (2008). Evaluation des Impacts Environnementaux des Sacs boutique. Recuperado de <http://www.procelpac.com/upload/rapport%20complet%20acv%20sacs.pdf>

EIA (2013). U.S Energy Information Administration. Malaysia. Consultado el 28/03/14 en <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=my>

EIA (2013). U.S Energy Information Administration. Vietnam. Consultado el 28/03/14 en <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=VM>

EIA (2014). U.S Energy Information Administration. China. Consultado el 28/03/14 en <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=ch>

Environment Australia (2002) Plastic Shopping Bags – Analysis of levies and Environmental Impacts, Final Report. Recuperado de <http://www.environment.gov.au/archive/settlements/publications/waste/plastic-bags/pubs/analysis.pdf>

Environment Australia: Canberra (2002). Plastic Shopping Bags – Analysis of levies and Environmental Impacts, Final Report. Recuperado de http://www.greenbag.com.au/UserFiles/AU_analysis.pdf

EPA, LCA Resources. Consultado el 07/05/14 en <http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/resources.html#Software>

EPAL (European Pallet Association e.V). Palettes en containers, poids lourds et wagons. Consultado el 29/03/14 en <http://www.epal-pallets.org/fr/produkte/vergleich.php>

EPD Hong Kong (2007). Environmental Protection Department. Overseas Experience on Plastic Shopping Bag Reduction. Consultado el 08/05/14 en http://www.epd.gov.hk/epd/english/news_events/legco/files/OverseasExperienceonPlasticShoppingBagReduction.pdf

European Commission (2013). Impact Assessment for a Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste to reduce the consumption of lightweight plastic carrier bags (Draft). Recuperado de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0444&from=EN>

Franklin Associates, (1990). Paper vs. plastic bags. Institute for life cycle environmental assessment. Summary. Recuperado de <http://stuff.mit.edu/afs/athena/course/3/3.a30/www/refs/Institute%20for%20Lifecycle%20Environmental%20Assessment.pdf>

French Lines. Navires de la Société Nationale Maritime Corse-Méditerranée. Consultado el 27/03/14 en http://www.frenchlines.com/histoire/histoire_sncm_navires_fr.php

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Recuperado de http://www.pre-sustainability.com/download/misc/ReCiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf

Insee, 2010. La France et ses régions - Édition 2010. Consultado el 08/05/2014 en http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ref/fsr10p.pdf

Insee, 2013. Evolution et structure de la population. Consultado el 03/06/14 en http://www.insee.fr/fr/insee_regions/corse/themes/TABLEAUX/poptc02104.xls

IRIN (2011). BANGLADESH: Plastics proliferate despite ban. Consultado el 08/05/2014 en <http://www.irinnews.org/report/92072/bangladesh-plastics-proliferate-despite-ban>

Khoo, H. H., & Tan, R. B. (2010). Environmental impacts of conventional plastic and bio-based carrier bags. *The international journal of life cycle assessment*, 15(4), 338-345. Recuperado de <http://static.reuseit.com/PDFs/Boustead%20Associates.pdf>

La Meridionale. Nos navires. Consultado el 27/03/14 en <http://www.lameridionale.fr/rubrique/nos-navires-27.html>

Les Amis du Vent (2005). Halte aux sacs plastiques. Consultado el 26/11/13 en <http://www.lefestivalduvent.com/halte-aux-sacs-plastiques/>

Les Amis du Vent (2013). Halte aux sacs plastiques, la réussite 10 ans après. Recuperado de <http://fr.calameo.com/read/002509403d94dc640e35d>

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013). PROJET DE PLAN NATIONAL DE PREVENTION DES DECHETS : 2014-2020. Consultado el 10/02/14 en http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/PNPD_2013-11-15.pdf

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y., & Mok, P. Y. (2009). An exploratory comparative study on eco-impact of paper and plastic bags. *Journal of Fibre Bioengineering and Informatics*, 1(4), 307-320. Recuperado de http://www.researchgate.net/publication/234028400_An_Exploratory_Comparative_Study_on_Eco-Impact_of_Paper_and_Plastic_Bags/file/79e4150e642d81fc7d.pdf

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y., & Mok, P. Y. (2011). Carbon footprint of shopping (grocery) bags in China, Hong Kong and India. *Atmospheric Environment*, 45(2), 469-475. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135223101000840X>

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y., Mok, P. Y., & Liao, X. (2010). An Exploratory Comparative Life Cycle Assessment Study of Grocery Bags-Plastic, Paper, Non-woven and Woven Shopping bags. In *Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings*, Hong Kong: HONG KONG POLYTECHNIC UNIV (pp. 1603-1609). Recuperado de http://static.reuseit.com/PDFs/life_cycle_2010.pdf

Office de l'environnement de Corse (2012). Observatoire régional des déchets [Observatorio regional de residuos]. Consultado el 13/02/14 en http://www.oddc.fr/LesDechetsBilans_page_137_3,235.htm

Pennington, D. W., Potting, J., Finnveden, G., Lindeijer, E., Jolliet, O., Rydberg, T., & Rebitzer, G. (2004). Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice. *Environment international*, 30(5), 721-739. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412003002551#>

Pieragostini, C., Mussati, M. C., & Aguirre, P. (2012). On process optimization considering LCA methodology. *Journal of environmental management*, 96(1), 43-54. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479711003951>

PRé (2013). Introduction to LCA with SimaPro 8. Recuperado de <http://www.pre-sustainability.com/download/Introduction-to-LCA-with-SimaPro-oct2013.pdf>

PRé (2013). SimaPro Database Manual, Methods library. Disponible con el software SimaPro 8.

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment international*, 30(5), 701-720. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412003002459#>

ReCiPe Website. Consultado el 28/03/14 en <http://www.lcia-recipe.net/>

REMA (2011). ATLAS OF RWANDA'S CHANGING ENVIRONMENT: Implications for Climate Change Resilience. Recuperado de <https://na.unep.net/siouxfalls/publications/REMA.pdf>

SeaRates. Distances. Consultado el 29/03/14 en <http://www.searates.com/reference/portdistance/>

SENAT (2010). Projet de loi, Finances rectificative pour 2010. Consultado el 09/02/14 en http://www.senat.fr/amendements/2010-2011/163/Amdt_232.html

Specialchem4adhesives. HMA - EVA based. Consultado el 14/04/14 en <http://www.specialchem4adhesives.com/tc/uv-light-stabilizers/index.aspx?id=eva>).

UK Environment Agency (2011). Life cycle assessment of supermarket carrier bags. Recuperado de http://www.biodeg.org/files/uploaded/Carrier_Bags_Report_EA.pdf

UK Environment Agency (2011). Life cycle assessment of supermarket carrier bags: a review of the bags available in 2006. Recuperado de <http://www.incpen.org/docs/Life%20cycle%20assessment%20of%20supermarket%20carrier%20-%20environment%20agency%20report.pdf>

Ulisse Cnrs. Emballages. Consultado el 29/03/14 en <http://ulisse.cnrs.fr/page.php?sid=&page=DT1237456592&lang=fr&codej=france&time=20131120022345>

Worldwatch Institute (2009). China Reports 66-Percent Drop in Plastic Bag Use. Consultado el 08/05/14 en <http://www.worldwatch.org/node/6167>